



**BIOGEOGRAFI DAN SISTEMATIKA ULAR SURAPARI
CALAMARIA (SERPENTES: COLUBRIDAE)
PADA DATARAN TINGGI JAWA DAN SUMATERA**

DISERTASI

oleh

IRVAN

137090100111014



PROGRAM DOKTOR BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018



BIOGEOGRAFI DAN SISTEMATIKA ULAR SURAPARI

CALAMARIA (SERPENTES: COLUBRIDAE)

PADA DATARAN TINGGI JAWA DAN SUMATERA

DISERTASI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Doktor dalam Bidang Biologi

oleh

IRVAN

137090100111014



PROGRAM DOKTOR BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018



PENGESAHAN DISERTASI

**BIOGEOGRAFI DAN SISTEMATIKA ULAR SURAPARI,
CALAMARIA (SERPENTES: COLUBRIDAE)
PADA DATARAN TINGGI JAWA DAN SUMATERA**

**Drs. IRVAN M.Si.
137090100111014**

**Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 25 Juli 2018 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Doktor dalam Bidang Biologi**

**Menyetujui
Promotor**

**PROF. SUTIMAN BAMBANG SUMITRO, S.U., D.Sc.
NIP. 19540311 198002 1 002**

Ko-Promotor I

Ko-Promotor II

**PROF. WIDODO, S.Si., MSi., Ph.D. Med.Sc. NIA KURNIAWAN, S.Si., MP., DSc.
NIP. 19730811 200003 1 002 NIP. 19781025 200312 1 002**

**Mengetahui
Ketua Program Studi Doktor Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St.
NIP. 19630818 198802 2 001**

**SUSUNAN TIM PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI****Judul Disertasi:**

BIOGEOGRAFI DAN SISTEMATIKA ULAR SURAPARI, CALAMARIA (SERPENTES: COLUBRIDAE) PADA DATARAN TINGGI JAWA DAN SUMATERA

Nama : Irvan
NIM : 137090100111014

KOMISI PEMBIMBING

Promotor : Prof. Sutiman Bambang Sumitro, S.U., D.Sc.
Ko-Promotor I : Prof. Widodo, S.Si., MSi., Ph.D. Med.Sc.
Ko-Promotor II : Nia Kurniawan, S.Si., MP., DSc.

TIM PENGUJI

Penguji I : Dr. Bagyo Yanuwiadi.
Penguji II : Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D.
Penguji III : Amin Setyo Leksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Penguji IV : Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

Tanggal

Seminar Hasil Penelitian : 21 Juni 2018
Ujian Kelayakan Disertasi : 16 Juli 2018
Ujian Disertasi : 25 Juli 2018

**PEDOMAN PENGGUNAAN DISERTASI**

Disertasi ini tidak dipublikasikan akan tetapi dapat dipergunakan secara terbuka kepada umum untuk kepentingan studi ilmiah dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai ketentuan yang berlaku untuk menyebutkannya.

RIWAYAT HIDUP

Irvan, lahir di Bandung, 02 Januari 1963, putra kelima dari ayah, Moh. Sidik Dading dan ibu, Nurasih. Dengan segala limpahan rahmat dan karunia Allah Subhanahu Wa Ta'ala, pendidikan dasar dan menengah formal telah diselesaikan di Jakarta dari SD (1976), SMP (1979), dan SMA (1982). Pada tahun 1982 meneruskan pendidikan tinggi untuk jenjang strata satu (S1) pada Fakultas Biologi, Universitas Nasional di Jakarta dalam bidang minat ekologi hewan dan lulus sebagai sarjana biologi tahun 1987. Melanjutkan pendidikan magister dengan sponsor *GEF-WorldBank* pada program studi biologi molekuler, FMIPA, Institut Teknologi Bandung dan lulus tahun 2001. Pada tahun 2013, menempuh pendidikan program doktor di Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Brawijaya, Malang dengan bidang minat Biologi Konservasi. Selama menempuh pendidikan program doktor mengikuti kegiatan yang berhubungan dengan akademik yaitu:

1. Pemakalah *Workshop on Research, Collection, and Lab Techniques in Herpetology*, diselenggarakan *University of Texas at Arlington*, LIPI, IPB, dan Universitas Brawijaya. Cibinong, 27 – 31 Mei 2013.
2. Studi taksonomi koleksi dan filogenetik ular di *University of Texas at Arlington* (USA), *Natural History Museum* (UK) dan *Naturalis* (Netherland). 4 – 31 Oktober 2014.
3. Pemakalah *International Symposium on Southeast Asia Herpetology and Envenomation*, Universitas Brawijaya, Malang. 28 -29 Agustus 2015.
4. Pemakalah *International Symposium on Asian Vertebrate Species Diversity*, *Chulalongkorn University*, Bangkok. 16 -18 Desember 2015.

Sejak tahun 1992 sampai sekarang adalah staf peneliti pada Laboratorium Herpetologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di Cibinong.

Malang, Juli 2018

Penulis

Irvan

RINGKASAN

Biogeografi dan Sistematika Ular Surapari *Calamaria* (Serpentes: Colubridae) Pada Dataran Tinggi Jawa dan Sumatera

Irvan, Sutiman Bambang Sumitro, Widodo, Nia Kurniawan

Program Pascasarjana Universitas Brawijaya

2018

Calamaria adalah genus ular yang dalam bahasa Indonesia disebut ular surapari. Genus ini merupakan salah satu anggota anak famili Calamariinae dan termasuk dalam famili Colubridae. Penyebaran diketahui berasal dari daerah tropis Asia dengan sebaran terbatas hanya pada kawasan zoogeografi Oriental. Jumlah *Calamaria* saat ini diketahui sebanyak 61 spesies, dimana 42 spesies atau lebih dari separuhnya terdapat di Indonesia dengan 26 spesies diantaranya merupakan endemik. Di Indonesia penyebaran *Calamaria* meliputi wilayah Sunda Besar (Sumatera, Jawa dan Kalimantan) dan pulau-pulau kecil sekitarnya, Bali, Bangka, Belitung, Sulawesi, Banggai, Buton, dan Seram. Sejak, genus *Calamaria* ditulis secara komprehensif mengenai sistematika dan evolusi oleh Inger dan Marx pada tahun 1965, penelitian tentang keragaman spesiesnya di kepulauan Indonesia masih belum banyak informasi. Publikasi ilmiah sebelumnya hanya mengungkapkan untuk menjadi spesies baru *Calamaria* di daerah tertentu dan tidak ada penelitian untuk membandingkan antar spesies berdasarkan hubungan filogenetik. Deskripsi spesies *Calamaria* juga masih menjadi masalah dalam hal identitas secara taksonomi. Kondisi ini terutama disebabkan homogenitas pada kelompok kriptik spesies.

Penelitian mengenai biogeografi dan sistematika *Calamaria* pada dasarnya menggunakan metode deskriptif dengan tujuan untuk dapat menggambarkan karakteristik populasi *Calamaria* yang berasal dari dataran tinggi Jawa dan Sumatera. Metode ini diaplikasikan melalui pengukuran karakter tubuh baik secara morfometrik maupun meristik sebagai upaya untuk mengidentifikasi dalam pengenalan jenisnya. Uji molekuler dilakukan dengan metode amplifikasi DNA dan sekuensing untuk menganalisis hubungan antar spesies *Calamaria* dari berbagai lokasi penelitian. Konsep biogeografi pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui wilayah sebaran spesies *Calamaria* dalam kaitannya dengan hubungan filogenetik. Penelitian ini menjadi penting dilakukan bukan saja dari sisi sistematika tetapi juga kemungkinan dapat bermanfaat sebagai salah satu faktor bioindikator yang berperan terhadap kualitas tanah suatu ekosistem dimasa mendatang.

Penelitian dilakukan pada habitat beberapa dataran tinggi di Jawa dan Sumatera dengan ketinggian bervariasi antara 600-1600 m dpl, mulai dari tahun 2013 (Februari, Juni dan Desember), 2014 (Januari), dan 2015 (Juli dan Agustus). Daerah penelitian mencakup hingga 32 lokasi pada 20 kabupaten dan 7 propinsi. Lokasi yang ditargetkan sebelumnya diamati dan diperiksa berdasarkan peta lanskap dan survei awal untuk mengetahui situasi dan akses ke area yang akan disurvei. Setiap *Calamaria* yang ditemukan dicatat dengan nomor seri spesimen, lokasi yang ditemukan, koordinat, ketinggian dari permukaan laut, kolektor, dan tanggal. Dokumentasi spesimen dengan memotret bagian-bagian tubuh dari setiap individu *Calamaria* dalam kondisi segar atau hidup yang bertujuan untuk mengetahui dengan jelas perbedaan pola warna dan karakteristiknya. Data morfologi spesimen dilakukan melalui pengukuran morfometrik



pada tubuh dan penghitungan meristik untuk setiap sisiknya. Karakterisasi morfologi dari setiap individu yang diidentifikasi dapat berguna sebagai data untuk mengenali spesiesnya. Sampel dari jaringan otot atau hati diambil untuk keperluan penelitian secara molekuler, sebelum spesimen dilakukan pengawetan dengan larutan formaldehida. Ekstraksi DNA dari setiap sampel dilakukan dengan metode "serapure", dan diamplifikasi menggunakan alat *GeneAmp®PCR System 9700*. Proses sekuensing dilakukan dengan menggunakan protokol standar yang dikeluarkan oleh *BigDye Chemistry*. Sekuens parsial mtND4 dari 32 spesimen *Calamaria* dibandingkan dengan sekuens spesies dari GenBank yaitu, *Calamaria septentrionalis*, dan tiga spesies sebagai outgroup taksa yaitu *Grayia tholloni*, *Lycodon capucinus*, dan *Ptyas fusca*. Piranti lunak MEGA 7.0 diaplikasikan untuk menyelaraskan dan mengedit sekuens secara individual dengan program Clustal W. Analisis Maximum Likelihood dalam program RAXML pada portal CIPRES dilakukan untuk mengetahui estimasi rekonstruksi hubungan kekerabatan (filogenetik) antara *Calamaria* dan spesies outgroup yang ditunjukkan dalam bentuk pohon filogenetik (filogram).

Karakterisasi yang berasal dari 32 spesimen menghasilkan 33 karakter morfologi. Karakter tersebut kemudian dipakai sebagai dasar untuk pengenalan jenis. Hasil deskripsi setiap spesimen yang teridentifikasi menjadi 6 spesies *Calamaria* yaitu, *C. eiselti*, *C. margaritophora*, *C. sumatrana*, *C. schlegeli*, *C. lumbricoidea*, dan *C. linnaei*. Inventarisasi selama penelitian ini telah membuktikan bahwa 3 spesies *Calamaria* pertama penyebaran geografisnya terbatas hanya di Sumatera saja sehingga dapat diasumsikan sebagai spesies endemik. Sedangkan 3 spesies berikutnya menunjukkan wilayah penyebaran yang lebih luas baik di Jawa maupun Sumatera. Analisis deskriptif terhadap karakter morfologi pada setiap spesies *Calamaria* memperlihatkan adanya perbedaan antara individu jantan dan betina. Ukuran badan pada jantan lebih pendek dari pada betina tetapi berbanding terbalik dengan ukuran ekornya. Jumlah sisik ventral pada jantan lebih sedikit dari pada betina, namun jumlah sisik subcaudal jantan lebih banyak dibandingkan betina. Dengan demikian, terdapat korelasi terhadap perbandingan morfometrik maupun meristik antara jantan dan betina. Metode molekuler menggunakan mtND4 terhadap 32 spesimen *Calamaria* menghasilkan 616 bp sekuens parsial. Analisis filogenetik berupa pohon filogeni sebagai estimasi rekonstruksi hubungan kekerabatannya terhadap 3 spesies outgroup menunjukkan bahwa *Calamaria* adalah genus monofiletik. Topologi dari pohon filogeni dengan metode *bootstrap* yang dianalisis menggunakan *maximum likelihood* dan *Bayesian Inference* (ML; BI) menghasilkan 2 kelompok takson utama, yang memisahkan kelompok *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera dengan daratan Asia (Cina Selatan dan Vietnam). Kelompok *Calamaria* yang berasal dari Jawa dan Sumatera pada pohon filogenetik membentuk 3 kelompok yang menempatkan *C. linnaei* dari Jawa berada dalam satu kelompok dengan *C. eiselti* dari Jambi dan *C. margaritophora* dari Sumatera Selatan (99%; 1.00). Kelompok *C. sumatrana* dari Sumatera bagian utara berada pada kelompok takson tersendiri (100%; 1.00). Sedangkan kelompok *C. lumbricoidea* dari Jawa dan Sumatera, dan *C. schlegeli* dari Jawa Timur dan Lampung walaupun didukung nilai *bootstrap* tidak sempurna (82%, 0.99) namun dalam satu kelompok yang sama. Hubungan genetik antara populasi kelompok spesies *Calamaria* di dataran tinggi Jawa dan Sumatera, secara genetik memiliki kecenderungan untuk terpisah satu sama lain. Hal ini disebabkan oleh tingkat homoplasi morfologi yang tinggi, sehingga kemungkinan besar juga akan meningkatkan jumlah spesies karena munculnya spesies yang berbeda.

SUMMARY

Biogeography and Systematics of the Surapari Snake, *Calamaria* (Serpentes: Colubridae) on the Highlands of Java and Sumatra

Irvan, Sutiman Bambang Sumitro, Widodo, Nia Kurniawan

Program Pascasarjana Universitas Brawijaya

2018

Calamaria is a genus of snakes which in Indonesian language called surapari's snake. This genus is one of member sub family of Calamariinae and belongs to the family Colubridae. The distribution is known originate from the tropical region of Asia with limited distribution only to the zoogeography area of Oriental. The number of *Calamaria* is currently known as many as 61 species, of which 42 species or more than half are present in Indonesia with 26 species being endemic. In Indonesia the distribution of *Calamaria* covers the region of Sunda Besar (Sumatra, Java and Kalimantan) and its surrounding small islands, Bali, Bangka, Belitung, Sulawesi, Banggai, Buton, and Seram. Since, the genus *Calamaria* was written comprehensively on the systematics and evolutions by Inger and Marx in 1965, the research on its species diversity in the Indonesia archipelago still not many of information. Scientific publications previously only revealed to be new species of *Calamaria* in certain areas and there is no research to compare among species based on the phylogenetic relationship. The species description of *Calamaria* is also still a problem in terms of taxonomic identity. This condition is mainly due to homogeneity in the group of cryptic species.

Research on the biogeography and systematics of *Calamaria* is based on descriptive method with the aim to describe the characteristic population of *Calamaria* originating from the highlands of Java and Sumatera. This method is applied through the measurement of body character both morphometric and meristic as an effort to identify in recognition of its species. Molecular test was performed by DNA amplification and sequencing method to analyze the relationship between the species of *Calamaria* from various research locations. The biogeography concept in this study aims to know the distribution of *Calamaria* species in relation to the phylogenetic relationship. This research is important to be done not only systematically but also may be useful as one of the bioindikator factors that play a role quality of soil an ecosystem in the future.

The study was conducted on habitat of some highland in Java and Sumatra with varying altitude between 600-1600 m asl, starting from 2013 (February, June and December), 2014 (January), and 2015 (July and August). The study area covers up to 32 sites in 20 districts and 7 provinces. Locations targeted previously were observed and examined based on landscape maps and preliminary surveys to know the situation and access to the area to be surveyed. Every single species of *Calamaria* that discovered was recorded with the serial number of specimen, location found, coordinates, elevation from above sea level, collector, and date. Documentation of specimens by photographing any parts of the body from each individual of *Calamaria* in fresh or living conditions that purpose to know clearly distinction of the color pattern and its characteristics. The morphological data of the specimen is done by morphometric measurements on the body and meristic counting for each scales. The morphological characterization of each

identified individual can be useful as data for recognizing the species. Samples of muscle tissue or liver are taken for molecular research purposes, before specimens are preserved with formaldehyde solution. The DNA extraction of each sample was performed by the "serapure" method and amplified using machine of the GeneAmp®PCR System 9700. The sequencing process is performed by using the protocol standards issued by BigDye Chemistry. The partial sequence of mtND4 from 32 specimens of *Calamaria* is compared with the sequence of species from GenBank namely, *Calamaria septentrionalis*, and three species as outgroup taxa namely *Grayia tholloni*, *Lycodon capucinus*, and *Ptyas fusca*. The software of MEGA 7.0 is applied to align and editing sequences individually by the Clustal W program. The sequence data were analyzed with the MRBAYES program to provide conclusions of probability from the hypotheses of sample data in the population that tested by statistical computation (Bayesian Inference). Maximum Likelihood Analysis in the RAxML program on the CIPRES portal was performed to determine the estimation of reconstructed the genetic relationships (phylogenetic) between *Calamaria* and outgroup species that shown in the form of phylogenetic trees (filogram).

Characterization of 32 specimens resulted 33 morphological characters. The characters are then used as the basis for species recognition. The results of the description of each specimen were identified into 6 species of *Calamaria* ie, *C. eiselti*, *C. margaritophora*, *C. sumatrana*, *C. schlegeli*, *C. lumbricoidea*, and *C. linnaei*. The inventory during this study has proved that the first 3 *Calamaria* species, their geographic distribution are confined only to Sumatra so can be assumed to be as endemic species. Whereas, 3 species after showed more wider distribution areas both in Java and Sumatra. Descriptive analysis of morphological characters in each species of *Calamaria* showed a difference between male and female individuals. Body size in males is shorter than female but inversely proportional to the size of its tail. The number of ventral scales in males is less than in females, but the number of subcaudal scales in male is higher than females. Thus, there is a correlation between morphometric and meristic ratios between males and females. The molecular method using mtND4 on 32 *Calamaria* specimens resulted 616 bp of partial sequence. Phylogenetic analysis formed the phylogeny tree as an estimate of the reconstruction of its relationship to 3 outgroup species indicates that *Calamaria* is a monophyletic genus. The topology of the phylogenetic tree with bootstrap method analyzed using maximum likelihood and Bayesian Inference (ML; BI) resulted in 2 major taxon groups, that separated *Calamaria* groups from Java and Sumatra with Asian mainland (South China and Vietnam). The *Calamaria* group originating from Java and Sumatra on phylogenetic trees formed 3 groups that placed *C. linnaei* from Java in one group with *C. eiselti* from Jambi and *C. margaritophora* from South Sumatra (99%; 1.00). *C. sumatrana* group from northern Sumatra is in alone separate taxon group (100%; 1.00). While the *C. lumbricoidea* group from Java and Sumatra, and *C. schlegeli* from East Java and Lampung, although supported by the bootstrap value is not perfect (82%, 0.99) however in the same one group. The genetic relationship between the population of *Calamaria* species group in the highlands of Java and Sumatra, genetically has a tendency to separate from each other. It is caused by a high degree of morphological homoplasy, so most likely also will increase the number of species due to the emergence of a different species.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi dengan judul “Biogeografi Dan Sistematika Ular Surapari, *Calamaria* (Serpentes: Colubridae) Pada Dataran Tinggi Jawa Dan Sumatera”. Penulisan disertasi ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Doktor dalam Bidang Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Penyusunan disertasi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia sebagai instansi penulis bekerja yang telah memberikan ijin belajar melalui Kepala Pusat Penelitian Biologi dan Kepala Bidang Zoologi sehingga studi doktor dapat diselesaikan.
2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti proses belajar pada program studi doktor di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
3. Tim Pembimbing: Prof. Sutiman B. Sumitro, S.U., D.Sc. selaku promotor; Prof. Widodo, S.Si., M.Si., Ph.D.Med.Sc. ko-promotor 1 dan Nia Kurniawan, S.Si., MP., D.Sc. ko-promotor 2 yang telah banyak memberikan arahan, masukan, saran mengenai ilmu dan pengetahuan selama proses pembelajaran, penelitian dan penulisan naskah disertasi
4. Tim Penguji: Dr. Bagyo Yanuwadi, Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D., Amin Setyo Leksono, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan dan saran untuk penulisan naskah disertasi ini.
5. Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Biologi dan Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St., Ketua Program Doktor Biologi yang telah memberikan arahan dan semangat agar supaya dapat segera menyelesaikan studi.
6. Seluruh dosen dan staf pengampu mata kuliah pada Program Doktor Biologi Universitas Brawijaya yang telah memberikan wawasan dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Keluarga tercinta: Ayahanda dan Ibunda yang memberikan dasar pendidikan, Istri dan Anak-anakku tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa *Syafaat* kepada penulis agar selalu sabar, tabah dan tetap *Tawadhu* dalam menyelesaikan pendidikan doktor.
8. Seluruh rekan-rekan PDB angkatan 2013 sebagai teman seperjuangan yang selalu setia memberikan semangat dan segenap pihak yang telah membantu penulis saat menuntut ilmu dan pendidikan di Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap semoga semua saran dan kritik membangun pada karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	i
SUSUNAN TIM PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN DISERTASI	iv
RIWAYAT HIDUP	v
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Keanekaragaman Hayati Indonesia	5
2.2. Biogeografi Fauna	7
2.3. Sistematika <i>Calamaria</i>	9
2.4. Deskripsi <i>Calamaria</i>	12
2.5. Penyebaran <i>Calamaria</i>	14
2.6. Habitat <i>Calamaria</i>	18
2.7. Perilaku Aktifitas Harian	19
BAB III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2. Metode Penelitian	22
3.2.1. Morfometrik	24
3.2.2. Meristik	26
3.2.3. Sampling DNA	30
3.2.4. Analisis Molekuler	32
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Karakter Morfologi	35
4.1.1. Dorsal Tubuh	36
4.1.2. Ventral Tubuh	37
4.1.3. Dorsal Kepala	37
4.1.4. Lateral Kepala	38
4.1.5. Ventral Kepala	38
4.1.6. Ekor	39



4.2. Identifikasi Spesies <i>Calamaria</i>	39
4.2.1. <i>Calamaria schlegeli</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	40
4.2.2. <i>Calamaria margaritophora</i> Bleeker, 1860	41
4.2.3. <i>Calamaria lumbricoidea</i> Boie, 1827	43
4.2.4. <i>Calamaria eiselti</i> Inger & Marx, 1965	45
4.2.5. <i>Calamaria linnaei</i> Boie, 1827	47
4.2.6. <i>Calamaria sumatrana</i> Edeling, 1870	49
4.3. Analisis Karakter Morfologi	51
4.4. Analisis Filogenetik	53
4.5. Hubungan Filogenetik	55
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
Kesimpulan	63
Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Daftar spesies <i>Calamaria</i> berdasarkan wilayah penyebaran geografi di Kepulauan Indonesia dan status jenisnya (Iskandar & Colijn, 2002; Van Wallach dkk., 2014)	16
2. Beberapa lokasi pada daerah dataran tinggi di Pulau Jawa dan Sumatera yang dilakukan survei inventarisasi <i>Calamaria</i> dalam penelitian ini pada tahun 2013 dan 2014.....	22
3. Karakter utama untuk membedakan antar spesies <i>Calamaria</i> dari Jawa dan Sumatera pada penelitian ini. M: jantan, F: betina. PrO = preocular, SL = supralabial, SLE = supralabial menyentuh mata, IL = infralabial, G = gular, Par = parietal, M-ACS = mental menyentuh anterior genial, VEN = ventral, SC = subcaudal, SVL = panjang badan dari moncong mulut sampai celah kloaka, TaL = panjang ekor, TR = rasio panjang ekor dengan panjang total tubuhnya	52
4. Sekuens divergensi pada jarak mtND4 pada beberapa spesies <i>Calamaria</i> dari Jawa dan Sumatra, dimana <i>C. septentrionalis</i> adalah dari Asia selatan. Nilai yang ditunjukkan dalam kurung menunjukkan variasi intraspesifik	54

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Peta Kepulauan Indonesia menunjukkan Paparan Sunda dan Sahul (warna kelabu) diantara lempeng Eurasia dan Australasia. Beberapa lempeng dasar laut juga mengelilingi yaitu busur Sunda dan Filipina serta lempeng Caroline (Hall, 2011)	1
2	Peta Kepulauan Indonesia yang menunjukkan posisi wilayah penyebaran fauna yang dipisahkan oleh pembatas garis-garis yaitu Wallace, Weber dan Lydekker sebagai wilayah zoogeografi fauna di Indonesia (Lochman dkk., 2011)	3
3	Peta biogeografi mengenai persebaran fauna terestrial di Dunia berdasarkan pemikiran Albert Russel Wallace dalam bukunya yang berjudul: <i>The Geographical Distribution of Animals</i> (1876)	8
4	Morfologi tubuh <i>Calamaria</i> atau ular surapari yang ditunjukkan dengan tubuhnya yang berbentuk silinder, tidak ada perbedaan antara kepala dan leher, serta bentuk sisiknya yang serupa pada bagian dorsal badannya.....	13
5	Peta yang menunjukkan penyebaran spesies <i>Calamaria</i> di Kepulauan Indonesia. Penyebaran dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Maluku berikut pulau-pulau kecil disekitarnya (warna gelap)	17
6	Relung hidup dua spesies berbeda pada habitatnya, ditunjukkan dengan perilaku saat spesies <i>Calamaria linnaei</i> (foto kiri), sedang menyelusupkan kepalanya ke dalam lubang tanah dan <i>C. lumbricoidea</i> (foto kanan) saat menelan mangsanya berupa cacing tanah.....	20
7	Pengumpulan spesimen <i>Calamaria</i> pada 32 lokasi di Pulau Jawa dan Sumatera	21
8	Label koleksi spesimen yang terdapat di Museum Zoologicum Bogoriense.....	23
9	Pengukuran panjang badan sampai ke celah kloaka (snout-vent length), dan mengukur panjang ekor. Pengukuran dilakukan pada bagian bawah badan (ventrum), karena batas celah kloaka tidak terlihat dari atas tubuh (dorsum)	25
10	Susunan dan letak nama sisik pada dorsum kepala <i>Calamaria</i>	26
11	Susunan dan letak nama sisik pada lateral kepala <i>Calamaria</i>	28
12	Susunan dan letak nama sisik pada ventrum kepala <i>Calamaria</i>	29
13	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. schlegeli</i>	40
14	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. schlegeli</i>	41
15	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. margaritophora</i>	42
16	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. margaritophora</i>	43
17	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. lumbricoidea</i>	44
18	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. lumbricoidea</i>	45
19	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. eiselti</i>	46
20	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. eiselti</i>	47
21	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. linnaei</i>	48
22	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. linnaei</i>	49
23	Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada <i>C. sumatrana</i>	50
24	Bagian sebelah bawah dan ventrum pada <i>C. sumatrana</i>	51
25	Pohon kekerabatan (ML) menunjukkan hubungan filogenetik <i>Calamaria</i> dari Jawa dan Sumatera. Angka pada simpul cabang adalah	



DAFTAR LAMPIRAN

Komunikasi sebagai pemakalah pada pertemuan dan publikasi ilmiah internasional terkait dengan penelitian disertasi:

Nomor	Halaman
1. Biogeography and systematic of reed snake, the genus <i>Calamaria</i> Boie, 1827 (Serpentes: Colubridae) on highland of Java and Sumatra	69
2. Biogeography and pattern variation of Linnaeus's reed snake <i>Calamaria linnaei</i> Boie, 1827 (Colubridae: Calamaria), in Java.....	70
3. The Linnaeus's Reed Snake, <i>Calamaria linnaei</i> Boie (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Ijen Plateau, East Java, Indonesia	70
4. First record of the Genus <i>Calamaria</i> (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Karimunjawa Island, Indonesia: Morphology and systematic	83

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara di Asia Tenggara yang terbentang diantara dua perairan yang luas yaitu samudera Indonesia dan Pasifik serta diapit oleh dua benua, Asia dan Australia. Indonesia juga adalah negara maritim yang memiliki lebih dari 17.500 pulau sehingga merupakan negara kepulauan terbesar di dunia (Persoon & Weerd, 2006). Sejarah geologi menunjukkan pula bahwa Kepulauan Indonesia berada di antara lempeng daratan Eurasia dan Australasia. Pada saat itu yaitu jaman Pleistosen sekitar 2.5 juta sampai 11.000 tahun yang lalu, paparan Sunda masih terhubung dengan Asia dan paparan Sahul menyatu dengan Australia (Hall & Morley, 2004). Paparan Sunda tersebut terbentuk pada waktu permukaan laut berada kurang lebih 120 m di bawah dari permukaan laut saat ini. Wilayah daratannya sebagian besar terletak pada posisi barat daya di Laut Cina Selatan dan Laut Jawa, diperkirakan memiliki luas 1.850.000 km² (Hanebuth dkk., 2000; Hall, 2011) (Gambar 1).



Hall (2011)

Gambar 1. Peta Kepulauan Indonesia menunjukkan Paparan Sunda dan Sahul (warna kelabu) diantara lempeng Eurasia dan Australasia. Beberapa lempeng dasar laut juga mengelilingi yaitu busur Sunda dan Filipina serta lempeng Caroline (Hall, 2011)



Paparan Sunda dan Sahul secara geografis memiliki wilayah dengan pola ekologi yang berbeda-beda dan mempengaruhi sebaran jenis faunanya (Hall, 2013). Posisi ini juga merupakan kunci yang menjadikan Kepulauan Indonesia kaya akan keanekaragaman jenis hayati. Indonesia juga merupakan salah satu negara dengan sebutan "megadiversity", yang memiliki keanekaragaman hayati dari sumberdaya hutan yang tinggi dan berbeda pada masing-masing pulaunya, serta sebagian bersifat endemik (Myers dkk., 2000). Data yang diperoleh pada tahun 2014 mengenai keanekaragaman hayati fauna vertebrata (kecuali vertebrata perairan laut) di Indonesia, terdiri dari 5 kelas dengan jumlah lebih dari 4.455 spesies dengan urutan sistematis secara hirarki dari takson terendah hingga tertinggi sebagai berikut, 1.248 spesies ikan air tawar (Pisces), 385 spesies amfibi (Amphibia), 947 spesies reptil (Reptilia), 1.605 spesies burung (Aves), dan 270 spesies mamal (Mamalia) (IBSAP, 2016). Namun demikian, nilai keragaman jenis dan endemisitas yang tinggi tersebut, tidak sebanding dengan tingkat deforestasi yang semakin meluas (Morley & Flenley 1987). Banyak pulau-pulau di Indonesia mengalami kerusakan hutan yang cepat dan parah bagi habitat satwa. Konvensi mengenai keragaman hayati (*Convention on Biological Diversity*) (CBD, 1992) menyatakan bahwa dengan tingkat kerusakan dan kemungkinan hilangnya keragaman jenis (*biodiversity loss*) fauna maka harus diperlukan penelitian taksonomi fauna (McNeely dkk., 1990).

Biogeografi dataran tinggi pada Paparan Sunda terdapat di Selatan Jawa dan sebelah Barat Sumatera yang memiliki wilayah dengan rangkaian terdiri dari gunung-gunung dan pegunungan akibat proses geologi pembentukan daratannya (Turner dkk., 2001). Menurut Mayr (1970) ketika suatu populasi terisolasi sebagai akibat oleh perubahan geografis, seperti pembentukan pulau atau pegunungan, maka populasi yang terpisah kemudian akan saling menjauh secara genotip sehingga menghasilkan fenotip berbeda dan akan menghasilkan taksa baru. Kemungkinan hal ini bisa terjadi pada spesies *Calamaria* yang merupakan jenis ular dengan kebiasaan hidup tinggal di lubang tanah (*fossorial*) dan pergerakannya yang lebih lambat dibandingkan jenis ular lain.

Dengan asumsi tersebut di atas, beberapa publikasi mengenai spesies *Calamaria* ditemukan didaerah dataran tinggi seperti, *C. gialainensis* (Ziegler dkk., 2008) yang ditemukan sebagai spesies baru dari pegunungan Gia Lai, dengan ketinggian 1.300 m dpl, begitu pula *C. concolor* (Orlov *et al.* 2010) dari pegunungan Bach Ma di sebelah Selatan Vietnam yang letaknya berada di ketinggian 1.400 m dpl, kedua spesies tersebut saat ini tercatat sebagai spesies endemik di daratan tinggi Vietnam. Di Indonesia, spesies *Calamaria* yang terjadi akibat isolasi geografis dataran tinggi yaitu *C. crassa* ditemukan



dari Gunung Talamau, Sumatera Barat dengan ketinggian 1300 m dpl; *C. apraeocularis* dari Gunung Bonteng, Sulawesi Selatan. Isolasi oleh karena lautan, yaitu *C. butonensis* dan *C. longirostris* (Howard *et al.* 2007) dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara dan *C. banggaiensis* (Koch *et al.* 2009) dari Pulau Banggai, Sulawesi Tengah, kedua spesies baru tersebut walaupun bukan berasal dari dataran tinggi tetap telah membuktikan bahwa spesiasi yang terjadi pada genus *Calamaria* sangat tinggi dan bersifat endemis. Oleh karena, terisolasi pada suatu tempat maka akan menghasilkan variasi morfologi yang tinggi. Biogeografi dengan demikian mempunyai implikasi yang sangat berkaitan terhadap studi biosistematika yang membandingkan antar spesies *Calamaria*.

Selain naskah ilmiah mengenai *Calamaria* yang pernah terbit hingga saat ini hanya berupa publikasi dalam bentuk inventarisasi dan mengungkapkan menjadi spesies baru (*species novae*) dari *Calamaria* yang pernah ditemukan di Indonesia. Namun, identifikasi spesies *Calamaria* masih dilakukan dengan karakter morfologi dan anatomi seperti, mengetahui jumlah gigi-gigi pada rahang atas (Boulenger, 1894), dan variasi intraspesifik pada organ hemipenis seperti pada *C. lumbricoidea* (Inger & Marx, 1962). Akan tetapi, karakter morfologi atau anatomi meskipun masih digunakan dalam pengenalan spesies, namun pada kenyataannya memiliki keterbatasan dalam menentukan kelompok spesiesnya. Deskripsi morfologi akan terlihat menjadi kurang cukup dalam penguraiannya apabila mendapati spesies kriptik. Faktor keterbatasan pengetahuan dalam proses identifikasi tersebut seringkali berdampak pada salah menentukan spesies.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan pemaparan yang diuraikan pada latar belakang maka terdapat permasalahan yang dapat dikemukakan terkait dengan spesies *Calamaria*, sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah variasi karakter morfologi *Calamaria* pada relung habitat penyebaran di dataran tinggi yang terisolasi?
- b) Apakah terdapat perbedaan atau persamaan antara populasi *Calamaria* di pegunungan Pulau Jawa dengan Sumatera?
- c) Bagaimanakah keterkaitan antara karakter morfologi dan genetik yang digunakan untuk mengungkapkan hubungan kekerabatan dan identitas spesies kriptik pada *Calamaria*.
- d) Apakah terdapat hubungan kekerabatan antara spesies *Calamaria* yang berasal dari dataran tinggi di Jawa dengan Sumatera?



1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka pada penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui daerah distribusi geografis spesies *Calamaria* terkini (*update*) yang terdapat di Jawa dan Sumatera.
2. Mendapatkan gambaran perbedaan karakteristik populasi *Calamaria* yang berasal dari dataran tinggi Jawa dan Sumatera.
3. Menganalisis data-data morfometrik dan meristik pada karakter tubuh yang berguna untuk identifikasi dalam pengenalan spesiesnya.
4. Menguji karakter molekuler agar dapat mengetahui hubungan filogenetik antar spesies *Calamaria* yang berasal dari berbagai lokasi penelitian.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian *Calamaria* pada bidang ilmu ekologi diharapkan akan dapat bermanfaat sebagai suatu permodelan ekosistem dimasa mendatang, karena spesies *Calamaria* merupakan salah satu bioindikator kualitas tanah yang ditunjukkan oleh relung hidup pada habitat yang umumnya mempunyai tanah gembur pada lokasi persawahan, ladang dan hutan baik di dataran rendah sampai dataran tinggi atau pegunungan. Pada bidang taksonomi, pola penyebarannya diharapkan dapat berguna untuk mengetahui distribusi spasial tingkat kekerabatan satu spesies dengan yang lainnya. Selain itu, penelitian ini juga akan menambah informasi tentang adanya pengaruh evolusi akibat terjadinya proses perubahan geologi yang terjadi pada kawasan Paparan Sunda terhadap *Calamaria* yang akan menyebabkan munculnya spesies baru. Kajian dari hasil penelitian ini secara komprehensif akan memberikan informasi dasar dalam bidang Biologi yang diperlukan untuk mengetahui sistematika spesies Genus *Calamaria* dan biogeografi fauna tersebut.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Keanekaragaman Hayati Indonesia

Pemerintah Indonesia pada tanggal 13 Desember 1957 menyatakan bahwa Republik Indonesia adalah negara maritim dengan kepulauan beriklim tropis yang terletak di antara dua benua, yaitu Asia dan Australia serta dua samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Hindia (Lasabuda, 2013). Batas wilayahnya secara geografis berada pada 6° Lintang Utara – 11° Lintang Selatan dan 95° Bujur Timur – 141° Bujur Timur (BIG, 2013). Maklumat tersebut kemudian terkenal sebagai deklarasi *Djuanda* yang telah mendapatkan pengakuan dunia internasional melalui konvensi hukum laut PBB ke-tiga, *United Nation Convention on the Law of the Sea* 1982 (UNCLOS, 1982). Deklarasi tersebut setelah itu diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia dengan Undang-Undang No.17 Tahun 1985 yang didalamnya termasuk disebutkan bahwa Indonesia sebagai negara yang berdaulat dengan batas-batas wilayah teritorialnya memiliki hak untuk mengatur masalah konservasi dan pengelolaan sumber kekayaan alam hayati (Haryanto, 2015).

Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 1992, mengadakan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) bagi negara-negara dunia di Rio de Janeiro – Brasil, yang membahas tentang pokok permasalahan mengenai isu-isu hilangnya keanekaragaman hayati (*biodiversity loss*) dan pentingnya tujuan menjaga sumber daya alam hayati. Pada konferensi tersebut Indonesia sebagai salah satu anggota turut menandatangani dokumen tentang Konvensi Keanekaragaman Hayati atau *Convention on Biological Diversity* (CBD), menyatakan bahwa pemanfaatan keanekaragaman hayati harus meletakkan prinsip dasar terhadap konservasi dalam pembangunan berkelanjutan (CBD, 1992). Namun demikian, data-data mengenai perkembangan ekonomi Dunia selama 5 dekade tahun terakhir ini ternyata menunjukkan bahwa eksistensi manusia telah mengubah ekosistem di Bumi lebih cepat dan meluas sepanjang sejarah kehidupan manusia (MEA, 2005). Efek terbesar dari perubahan tersebut telah merugikan keragaman spesies secara substansial pada kehidupan di Bumi (Turner dkk., 2007). Konferensi Tingkat Tinggi di Nagoya, Jepang kemudian digelar untuk menyikapi kondisi Dunia yang berubah secara cepat, kebijakan CBD diratifikasi dengan menambahkan akses pelestarian sumber daya hayati berbasis genetika melalui pengesahan yang selanjutnya dikenal sebagai protokol Nagoya (UNCTAD, 2014).

Hutan hujan tropis di Asia Tenggara yang luasnya hanya tiga persen dari total daratan di bumi menjadi salah satu agenda utama pada protokol Nagoya. Kawasan hutan di



Asia Tenggara diangkat sebagai isu penting karena memberikan kontribusi yang amat signifikan sebagai *paru-paru* dunia dalam menghasilkan oksigen dan memiliki ciri khas sebagai hutan dengan ekosistem kepulauan yang berbeda dibandingkan hutan-hutan di benua Amerika (Hernandez-Ruedas dkk., 2014). Hutan hujan tropis ini juga merupakan habitat bagi lebih dari 20 persen spesies tumbuhan dan hewan yang tidak ditemukan di tempat lain di dunia (Keong, 2015). Indonesia adalah salah satu negara di Asia Tenggara yang terdiri dari 17.508 pulau dengan luas total sekitar 1,3 persen (1.887.482 kilometer persegi) dari luas total daratan di bumi (Myers dkk., 2000). Wilayah hutan hujan tropis Indonesia adalah yang terbesar ketiga setelah Kongo dan Brasil, serta termasuk dalam peringkat kedua terkaya setelah Brasil dengan memiliki keanekaragaman jenis hayati dan endemisme spesies yang tinggi (Mittermeier dkk., 2007; UNEP-WCMC, 2014). Oleh karena itu, Indonesia dikenal juga sebagai negara megabiodiversitas dan menempati peringkat ke-8 dari 17 negara kaya akan sumber daya hayati di dunia (Shi dkk., 2005).

Megabiodiversitas merupakan suatu konsep yang pertama kali diperkenalkan oleh Mittermeier dan Werner (1990) dengan tujuan menginventarisasikan data keanekaragaman jenis hayati yang merupakan bagian dari kekayaan alam demi kegiatan konservasi.

Megabiodiversitas menjadi suatu pemahaman dalam bidang ekologi sejak para ahli biologi mengkhawatirkan terjadinya perubahan global pada ekosistem yang mencakup semua aspek penurunan kuantitas maupun kualitas pada spesies tumbuhan dan hewan dalam komunitasnya (McNeely dkk., 1990). Pengertian kawasan megabiodiversitas tersebut adalah suatu wilayah dari negara yang memiliki kelimpahan tinggi pada keanekaragaman jenis hayati dan memiliki keunikan yang berbeda dengan negara lain di dunia (Groombridge, 1992).

Iklim kepulauan di Indonesia yang didominasi dengan daerah tropis dan letaknya yang berada di khatulistiwa juga memainkan peran penting sehingga merupakan salah satu faktor meningkatnya keanekaragaman hayati (Wiens & Donoghue, 2004).

Keanekaragaman hayati Indonesia selain itu juga terbagi atas tujuh (7) kawasan ekosistem atau *bioregion*, yaitu 1) Sumatra, 2) Jawa dan Bali, 3) Kalimantan, 4) Sulawesi, 5) Kepulauan Sunda Kecil (Nusa Tenggara Barat dan Timur), 6) Maluku, dan 7) Papua. Pembagian *bioregion* tersebut didasarkan oleh adanya garis-garis demarkasi penyebaran biogeografi flora dan fauna dari Wallace, Weber dan Lydekker (Hartono, 2016). Posisi Indonesia yang unik menurut sejarah pembentukan geologi dan letak kepulauannya yang tersebar maka memunculkan endemisitas yang tinggi (Thompson dkk., 2005).



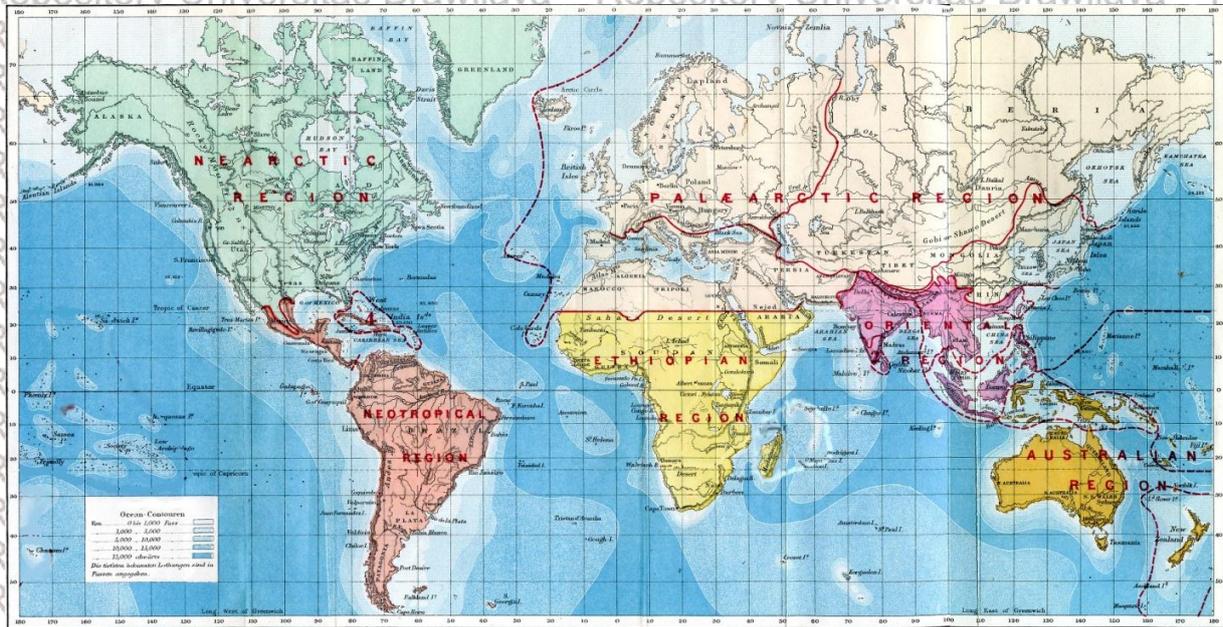
2.2. Biogeografi Fauna

Biogeografi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari mengenai distribusi makhluk hidup yang berhubungan dengan wilayah sebaran geografi dan sejarah pembentukannya. Biogeografi juga berkaitan erat dengan proses evolusi sehingga sering digunakan untuk memberikan hipotesis untuk menjelaskan pola distribusi makhluk hidup (Morley & Flenley, 1987) dan menerangkan faktor yang mempengaruhinya dari masa lalu hingga saat ini (Huggett, 2004). Orang yang pertama kali meletakkan prinsip dasar pembagian zonasi persebaran fauna adalah Philip Lutley Sclater, seorang ahli biologi yang memiliki kecakapan khusus dalam bidang fauna burung (ornitologis). Pada tahun 1858, Sclater menuliskan teorinya dalam jurnal *Proceedings of the Linnean Society* yang menunjukkan bahwa distribusi burung di Dunia menempati enam daerah geografis yang disebutnya sebagai *Palaeartic*, *Ethiopian*, *Nearctic*, *Neotropical*, *Indian* dan *Australasian* (Barden, 1941).

Biogeografi fauna mulai terkuak menjadi suatu pemahaman yang lebih terkenal setelah Albert Russel Wallace pada tahun 1876 mengemukakan teorinya tentang pembagian sebaran fauna di Dunia (Bulmer, 2005). Wallace membuat pembagian sebaran fauna berdasarkan distribusi mamalia pada wilayah batas satwa tersebut ditemukannya (Holt dkk., 2013). Studi yang dilakukan Wallace dilengkapi dengan menerbitkan peta global pertama mengenai biogeografi mamalia dan postulatnya menjadi landasan biogeografi modern (Ebach, 2004). Para ahli zoologi sejak saat itu, mulai mengakui bahwa keanekaragaman akan keunikan fauna tidak terlepas dari wilayah persebaran fauna di Dunia. Wallace juga menyesuaikan pola distribusi fauna secara deskriptif yang paling menonjol dari teori Sclater yaitu dengan melakukan perubahan nama wilayah geografis *Indian* menjadi *Oriental*. Pengamatannya juga dilakukan terhadap perbedaan nyata antara fauna Bali - Lombok, dan Kalimantan dengan Sulawesi yang kemudian terkenal sebagai garis Wallace (Wallace, 1877).

Pengetahuan biogeografi saat itu sebagian besar berdasarkan pada distribusi secara luas dan hubungan taksonomi antar spesies vertebrata menjadi dasar bagi Wallace membagi dunia menjadi unit-unit zoogeografi. Daerah persebaran fauna tersebut ada 6 daratan zoogeografi dengan masing-masing daerah memiliki keunikan dalam hal persamaan dan perbedaan tertentu pada kelompok fauna serta berkaitan erat terhadap sejarah pembentukan daratannya, yaitu: *Palaeartic*, *Ethiopian*, *Nearctic*, *Neotropical*, *Oriental*, dan *Australasian* (Ladle & Whittaker, 2011). Meskipun saat itu masih

mengandalkan informasi yang terbatas dan secara statistik data-datanya kurang, namun peta global asli distribusi fauna Wallace masih digunakan sampai saat ini (Gambar 3).



(Wallace, 1876)

Gambar 3. Peta biogeografi mengenai persebaran fauna terestrial di Dunia berdasarkan pemikiran Albert Russel Wallace dalam bukunya yang berjudul: *The Geographical Distribution of Animals* (1876).

Biogeografi dengan keanekaragaman fauna yang berada pada sebaran wilayah tropis yang terbatas tetapi tinggi tingkat endemisitas akan memicu sumber daya genetik yang tinggi pula (Rintelen dkk., 2017). Persebaran spesies fauna sangat berkaitan erat dengan sejarah terbentuknya permukaan bumi dan komponen-komponen alamnya, sehingga menggambarkan tempat makhluk hidup itu berada. Isolasi geografis secara fisik menimbulkan penghalang bagi adanya aliran DNA (*gene flow*) sehingga terjadi perubahan genetik yang menyebabkan adanya perbedaan morfologi sebagai akibat dari variasi genetik, seleksi alam dan adaptasi. Kemampuan struktur genetik (DNA) ini yang dapat menyimpan sejarah isolasi masa lalu dari berbagai bentuk kehidupan (Wiens & Donoghue, 2004). Para ahli sistematik banyak berasumsi bahwa kelompok taksa yang kini masih ada merupakan hasil isolasi dari taksa yang sebelumnya memiliki jangkauan persebaran geografis yang luas. Alasan ini dapat dipahami karena adanya pembentukan karakter baru yang dimiliki sebagai akibat proses spesiasi (Quicke, 1993).



Biosistematika digunakan juga untuk memahami sejarah evolusi suatu taksa dengan taksa lainnya berdasarkan kekerabatannya (filogenetik) yang dipelajari dalam ilmu taksonomi (Vidal dkk., 2007). Taksonomi berasal dari Bahasa Yunani Kuno yaitu $\tau\acute{\alpha}\xi\varsigma$ (taxis), yang berarti susunan dan $-\nu\omicron\mu\iota$ (-nomia) yang berarti metode atau cara. Taksonomi merupakan cabang ilmu tersendiri dalam biologi yang mempelajari pengelompokan suatu makhluk hidup berdasarkan hirarki dan diberikan nama berdasarkan persamaan karakter yang dimilikinya (Dubois & Berkani, 2013). Sistem yang dipakai saat ini untuk penamaan ilmiah suatu makhluk hidup disusun dengan dua sebutan suku kata yang dikenal sebagai tata nama (*nomenclature*) dua suku kata (*binomial*). Penamaan ilmiah ini diusulkan oleh Carl von Linne (Latin: Carolus Linnaeus), seorang naturalis dan ahli botani berkebangsaan Swedia yang terkenal sebagai bapak taksonomi modern (De Queiroz, 1997). Makhluk hidup digolongkan menjadi suatu kelompok yang disebut taksa (tunggal: takson) dan disusun berdasarkan peringkat kelompok taksonominya, dari urutan lebih tinggi *kingdom*, *phylum*, *class*, *ordo*, *family*, *genus*, sampai yang lebih rendah yaitu *species* sehingga menciptakan hirarki taksonomi (Small, 1989).

2.3. Sistematika *Calamaria*

Riwayat nama genus *Calamaria* pertama kali ditulis oleh Heinrich Boie seorang ahli biologi berkebangsaan Jerman, dalam makalah lengkap yang ditulisnya sebelum ekspedisi ke tanah Jawa pada Desember tahun 1825. Namun, naskah tersebut belum sempat diterbitkan karena Heinrich terkena penyakit malaria sehingga meninggal dan dimakamkan di Buitenzorg (Kebun Raya Bogor). Namun, semua catatan lapangan selama di Jawa telah dikirimkannya kepada Friedrich Boie (kakaknya) yang kemudian menyusun kembali dan menerbitkan dalam buku yang berjudul "*Erpetologie de Java*" pada tahun 1827 (Hoogmoed & Savage, 2007). Deskripsi genus *Calamaria* tersebut ditulis oleh Heinrich Boie berdasarkan spesimen *Calamaria linnaei* yang berasal dari Jawa, selanjutnya lokasi penemuan spesimen dipakai sebagai rujukan untuk spesies tipe (*type species*) dan Jawa digunakan sebagai rujukan untuk lokasi tipe (*type locality*) dari spesimen tersebut (Savage & Myers, 2006).

Beberapa dekade tahun kemudian publikasi-publikasi tentang keragaman spesies *Calamaria* semakin berkembang, dimulai dari penggolongannya secara taksonomi oleh Duméril dkk. (1854) yang ditulis dalam bentuk buku dengan judul "*Erpetologie Generale ov Histoire Naturelle Complete des Reptiles*" dan buku tentang spesimen *Calamaria* yaitu "*Catalogue of The Snakes in The British Museum (Natural History) Vol. II Colubridae*."



Aglyphae” yang disusun oleh Boulenger (1894) berdasarkan koleksi yang disimpan di Natural History Museum, London.

Pengelompokan taksonomi spesies *Calamaria* yang penyebarannya di Kepulauan Indonesia secara komprehensif ditulis pertama kali oleh De Rooij melalui terbitan buku yang berjudul, “*The Reptiles of Indo-Australian Archipelago II: Ophidia*”. Sistematika uraian jenisnya sebagian besar masih “mengulang” deskripsi spesies ular yang pertama kali dikelompokkan oleh Boulenger (1894). Namun demikian, kedua buku De Rooij tersebut termasuk karya tulis ilmiah yang fenomenal sampai saat ini karena telah menguraikan deskripsi dan menunjukkan kunci identifikasi spesies reptil termasuk spesies *Calamaria* berikut wilayah penyebarannya di pelosok Indonesia. Pada buku De Rooij ini, beberapa spesies ular telah ditulis nama lokalnya. Demikian pula dengan nama *Calamaria* pada buku tersebut ditulis sebagai ular surapari (*oray leuleus*) yang berasal dari sebutan orang-orang pribumi, dalam bahasa lokal (sunda) yaitu ular (*oray*) Surapari (yang berarti *leuleus* atau lemah).

Buku-buku berikutnya adalah hasil karya penulisan Kopstein (1941) dan De Haas (1950) yang menulis tentang rangkuman informasi secara umum mengenai kehidupan dan ciri-ciri habitat *Calamaria*, tetapi publikasi tersebut tidak menuliskan mengenai sistematikanya. Sedangkan, buku dengan judul “*The systematics and evolution of the oriental colubrid snakes of the genus Calamaria*” yang disusun oleh Inger dan Marx (1965) merupakan publikasi yang menjelaskan sistematika genus *Calamaria* dan perbedaan karakter pada ciri-ciri morfologi setiap spesies berikut penyebarannya di wilayah Oriental.

Buku-buku tersebut di atas meskipun merupakan publikasi yang telah lama (tua) tahun penerbitannya, namun sampai sekarang masih tetap dipakai sebagai rujukan untuk mengetahui orisinalitas takson dan menentukan kelompok taksonomi spesies. Publikasi terbitan terdahulu hanya saja, karena belum adanya alat yang canggih untuk mendeteksi lokasi secara persis (misalnya letak koordinat dengan *GPS*) maka data letak geografis spesiesnya masih dibuat *global*. Daerah penyebaran *Calamaria* tersebut hanya disebutkan lokasi dengan representasi wilayah yang luas dimana spesies tersebut ditemukan.

Beberapa peneliti banyak yang melakukan perubahan dengan mengganti nama genus *Calamaria* diantaranya adalah Gray (1834) dalam publikasi mengenai spesimen jenis ular yang diketahui berasal dari India dan melalui deskripsinya, mengusulkan nama genus menjadi *Changulia*. Demikian pula, Günther (1872) memberikan nama genus yang baru yaitu *Typhlocalamus* dan Taylor (1962) membuat hal yang sama dengan memberikan



nama genus *Keiometopon*. Karakter-karakter morfologi yang terdapat pada genus-genus tersebut ternyata memiliki persamaan, seperti yang dipakai untuk mendeskripsi nama pada tingkat genus *Calamaria* yang telah dideskripsikan oleh Boie. Dengan demikian, menurut aturan penamaan ilmiah (*International Code Name of Zoological Nomenclature*), nama yang pernah dipublikasikan sebagai genus baru yaitu *Changulia* (yang berasal dari spesimen tipe spesies *Changulia albiventer* Gray, 1834), *Typhlocalamus* (spesimen tipe spesies *Typhlocalamus gracillimus* Günther, 1872) dan *Keiometopon* (spesimen tipe spesies *Keiometopon booliati* Taylor, 1962) merupakan nama sinonim dari genus *Calamaria* yang pertama kali dideskripsikan.

Calamaria H. Boie in F. Boie, 1827, *Isis*, 20, col. 519 & 539 (spesies tipe yaitu *Calamaria linnaei* Boie).

Changulia Gray, 1834, *Ill. Ind. Zool.*, 2, pl. 86, figs. 6-9 (spesies tipe yaitu *Changulia albiventer* Gray).

Typhlocalamus Günther, 1872, *Proc. Zool. Soc. London*, 1872, p. 589 (spesies tipe yaitu *Typhlocalamus gracillimus* Günther).

Keiometopon Taylor, 1962, *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 43, p. 257 (spesies tipe yaitu *Keiometopon booliati* Taylor).

Pengelompokan taksonomi Reptilia di Kepulauan Indonesia secara sistematika dan komprehensif sebenarnya pernah ditulis pertama kali oleh De Rooij melalui terbitan dua seri buku. Buku pertama terbit pada tahun 1915 dengan judul "*The Reptiles of The Indo-Australian Archipelago I: Lacertilia, Chelonia, Emydosauria*". Buku ini menyusun jenis-jenis reptil dari anakbangsa Lacertilia (cicak, kadal, bunglon, biawak), bangsa Chelonia atau Testudinata (kura-kura, baning, penyu), dan bangsa Emydosauria atau Crocodylia (buaya). Buku kedua setelah selang dua tahun kemudian yaitu pada tahun 1917 terbit berjudul "*The Reptiles of Indo-Australian Archipelago II: Ophidia*". Buku ini lebih difokuskan hanya mengenai jenis-jenis ular dari bangsa Ophidia atau Serpentes. Sistematika uraian jenisnya sebagian besar masih "mengulang" deskripsi spesies ular yang pertama kali dikelompokkan oleh Boulenger (1894). Namun demikian, kedua buku De Rooij tersebut termasuk karya tulis ilmiah yang fenomenal sampai saat ini karena telah menunjukkan kunci identifikasi spesies reptil dan wilayah penyebarannya di pelosok Indonesia. De Rooij (1917) selanjutnya juga menguraikan sistematika tentang deskripsi dan kunci identifikasi *Calamaria* berikut penyebarannya yang luas di Kepulauan Indonesia. Nama lokal *Calamaria* pada buku itu ditulis sebagai ular surapari (*oray leuleus*) yang berasal dari sebutan orang-orang pribumi, dalam bahasa lokal (sunda) yaitu ular



(*oray*) Surapari (yang berarti *leuleus* atau lemah). Sebanyak 41 spesies dari *Calamaria* telah dideskripsi berdasarkan karakter-karakter yang dimiliki masing-masing spesies. *Calamaria* adalah nama genus (genus) ular yang dalam urutan klasifikasi merupakan hewan vertebrata melata dari famili (familia) Colubridae, anakbangsa (subordo) Serpentes, bangsa (ordo) Squamata, kelas (classis) Reptilia (Uetz & Stylianou, 2017).

Penelitian mengenai taksonomi *Calamaria* walaupun masih sangat jarang dilakukan bahkan untuk mengetahui keragaman spesiesnya, tetapi dengan adanya teknik molekuler melalui analisis DNA maka dapat membantu untuk mencari solusi permasalahan kekerabatan antarspesies maupun intraspesies. Klasifikasi *Calamaria* dengan menggabungkan antara karakterisasi morfologi dan DNA (Pyron dkk., 2013; Zheng & Wiens, 2015) menghasilkan urutan sistematika seperti tersaji di bawah ini:

Kelas: *Reptilia* Laurenti, 1768

Anakkelas: Amniota Haeckel, 1866

Infrakelas: Diapsida Osborn, 1903

Bangsa: *Squamata* Opperl, 1811

Anakbangsa: *Ophidia* (*Serpentes*) Linnaeus, 1758

Infrabangsa: *Caenophidia* Nopcsa, 1923

Superfamili: *Colubroidae* Pyron dkk., 2013

Famili: *Colubridae* Opperl, 1811

Anakfamili: *Calamariinae* Bonaparte, 1838

Marga: *Calamaria* Boie, 1827

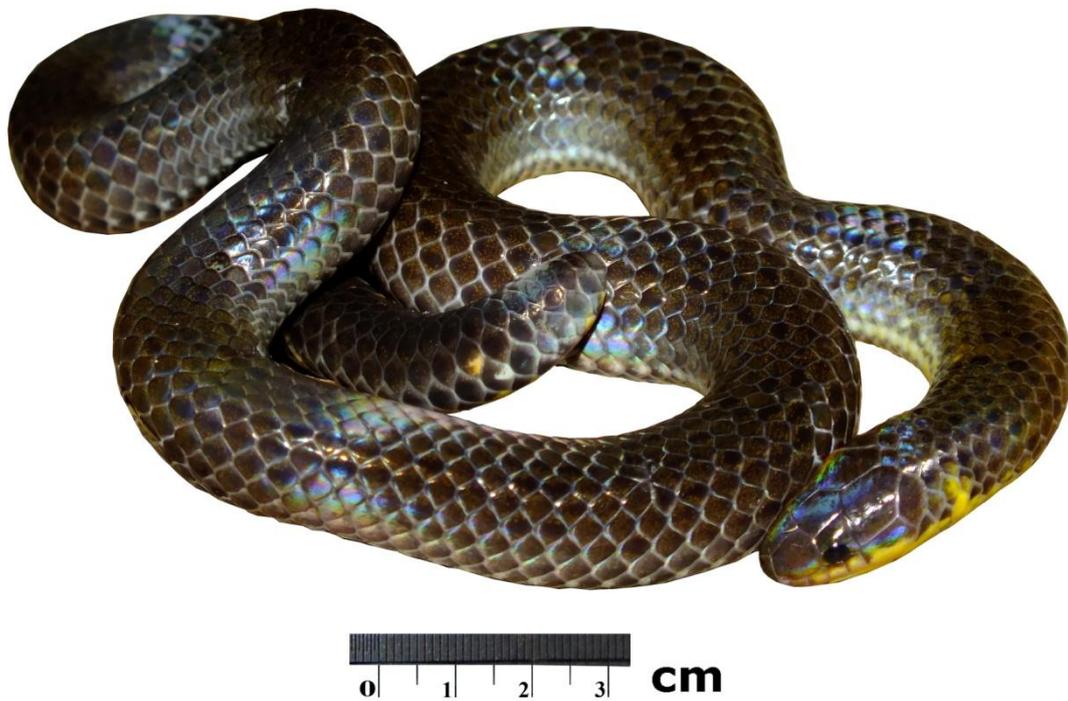
2.4. Deskripsi *Calamaria*

Genus *Calamaria* pertama kali dipertelakan oleh Boie (1827) memperlihatkan penguraian karakter morfologi yang masih sangat sederhana. Tubuhnya dicirikan melalui ukuran kepala yang relatif kecil, bentuknya memipih dan tidak dapat dibedakan dengan leher. Badan tergolong simetris bilateral yaitu sebelah kiri dan kanan memiliki bagian yang serupa. Badannya memanjang dan berbentuk silinder dengan ukuran hampir sama. Kemungkinan, alasan itulah maka penamaan bahasa Inggris disebut *reed snake*, (*reed* yang berarti berbentuk menyerupai buluh atau batang ilalang). Dalam bahasa Indonesia penggolongan spesies-spesies *Calamaria*, sebagian kalangan masyarakat atau akademisi menyebut dengan *ular buluh* (diadopsi dari kata bahasa Inggris). Hal ini didasarkan pula atas penamaan yang baku dipakai untuk *Calamaria* di Indonesia. Pada disertasi ini



Calamaria disebut dengan istilah nama ular *surapari*, merujuk pada nama lokal yang pertama kali dipublikasi oleh De Rooij (1917).

Tubuhnya dari batas posterior kepala sampai ke ujung ekor seluruhnya ditutupi dengan sisik-sisik halus tanpa lunas kasar (*keel*). Sisik pada punggungnya terbentuk oleh diferensiasi dari dasar kulit atau bagian epidermis. Sisik-sisik tidak akan bertambah atau bahkan berkurang jumlahnya walau individu ular telah dewasa dan ukuran tubuhnya menjadi berkembang seiring waktu. Namun, sisik-sisik ini akan tumbuh menjadi ukuran yang lebih besar dan dapat berubah bentuk ketika proses ekdisis. Bentuk tubuhnya telah mengalami penyesuaian dengan relung habitat sebagai ular yang dapat beradaptasi dengan cara menggali (menyelusup) di permukaan tanah (*burrowing snakes*) (Pope, 1935). Ekornya sangat pendek dengan sisik subcaudal terbagi dalam dua baris (Gambar 4).



Gambar 4. Morfologi tubuh *Calamaria* atau ular surapari yang ditunjukkan dengan tubuhnya yang berbentuk silinder, tidak ada perbedaan antara kepala dan leher, serta bentuk sisiknya yang serupa pada bagian dorsal badannya.

Sisik pada dorsal badannya berjumlah 13 baris. Jumlah sisik dorsal yang melingkari badannya tersebut sangat spesifik dan menjadi ciri utama yang membedakannya dengan spesies ular lain. Sisik bagian ventral berbentuk bulat panjang. Ukuran panjang badan dari kepala sampai ekor biasanya 14-25 cm (Boulenger, 1894; De Rooij, 1917). Ukuran mata tampak terlihat kecil dengan pupil bulat; lubang hidungnya hampir menutupi sisik nasal;



tidak ada sisik loreal, internasal dan temporal; sisik praeocular ada atau tidak ada; sisik parietal menyentuh sisik bibir atas (supralabial) (Taylor, 1922).

Selain itu, ciri lainnya yang khusus pada spesies *Calamaria* yaitu melalui penghitungan gigi. Pada rahang atas (*maxilar*) gigi-giginya berjumlah 8 sampai 11 dan bentuknya tidak serupa antara satu gigi dengan gigi yang lain. Sedangkan gigi pada rahang bawahnya (*mandibular*) tidak disebutkan jumlahnya, tetapi hanya dipertelakan bahwa bagian anterior sedikit lebih panjang daripada gigi-gigi lainnya (Inger & Marx, 1965). Rahang bawahnya terdapat sepasang gigi yang berukuran sedikit lebih besar dan panjang, tetapi kelompok ular *Calamaria* tersebut digolongkan ke dalam ular yang tidak berbisa. Hal ini disebabkan pada rahang atasnya tidak mempunyai kelenjar bisa. Kemungkinan sepasang gigi tersebut digunakan sebagai alat pada saat memakan mangsa layaknya garpu untuk makan (De Rooij, 1917).

Pada perkembangan selanjutnya telah lebih banyak karakter-karakter pada tubuh yang diketahui sehingga dapat mengungkap spesies-spesies yang berbeda dengan sebelumnya. Penggolongan *Calamaria* tersebut memiliki karakter-karakter umum yang berbeda secara morfologi dengan spesies ular lainnya. Walaupun masih terdapat karakter yang serupa dengan deskripsi oleh Boie (1827), namun ada beberapa yang telah dapat dicirikan lebih rinci sehingga diketahui perbedaannya yaitu: (1) ukuran sisik prefrontal yang lebar sehingga menyentuh supralabial, (2) ukuran sisik nasal, (3) pengukuran panjang moncong, (4) ukuran diameter bola mata, (5) jumlah sisik labial, (6) rasio ukuran panjang tubuh, (7) rasio panjang ekor. Karakter-karakter ini menambah karakter sebelumnya hingga ciri-ciri sisik kepala dan ekor menjadi lebih lengkap.

2.5. Penyebaran *Calamaria*

Genus *Calamaria* hanya ditemukan di wilayah zoogeografi Oriental dengan penyebaran dari Asia timur yaitu mulai dari Jepang di sebelah Utara (Kepulauan Ryu Kyu), Taiwan, menuju sebelah Barat penyebaran sampai ke daratan Cina dan sebelah Tenggara hingga Vietnam, Thailand, Laos, Kamboja, Myanmar, Malaysia, Singapura, Indonesia, Filipina dan sejauh Kepulauan Cocos (Inger & Marx, 1965; Ziegler & Quyet, 2005). Penyebaran *Calamaria* di Indonesia berada di Kepulauan Sunda Besar yaitu Sumatera (pulau-pulau sekitarnya Nias, Simeulue, Kepulauan Mentawai, Kepulauan Riau, Bangka, Belitung), Jawa (pulau sekitarnya Nusa Kambangan), Kalimantan (pulau sekitarnya Kepulauan Natuna), Bali dan Sulawesi. Penyebarannya ke wilayah Timur Indonesia hingga Pulau Seram, Maluku Tengah (Iskandar & Colijn, 2002; Grismer dkk.,

Tabel 1. Daftar spesies *Calamaria* berdasarkan wilayah penyebaran di Indonesia dan status keberadaannya (Iskandar & Colijn, 2002; Van Wallach dkk., 2014).

No.	<i>Calamaria</i>	Penyebaran di Indonesia			Status Jenis
		Paparan Sunda	Wallacea	Banda-Sahul	
1	<i>C. abstrusa</i> Inger & Marx, 1965	Sumatera, Nias	-	-	-
2	<i>C. acutirostris</i> Boulenger, 1896	-	Sulawesi	-	Endemik
3	<i>C. albiventer</i> (Gray, 1835)	Sumatera	-	-	Endemik
4	<i>C. alidae</i> Boulenger, 1820	Sumatera	-	-	Endemik
5	<i>C. apraeocularis</i> Smith, 1930	-	Sulawesi	-	Endemik
6	<i>C. banggaiensis</i> Koch, Arida, McGuire, Iskandar & Böhme, 2009	-	Banggai	-	Endemik
7	<i>C. battersbyi</i> Inger & Marx, 1965	Kalimantan	-	-	Endemik
8	<i>C. bicolor</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	Jawa, Kalimantan	-	-	-
9	<i>C. boesemani</i> Inger & Marx, 1965	-	Sulawesi	-	Endemik
10	<i>C. borneensis</i> Bleeker, 1860	Kalimantan	-	-	Endemik
11	<i>C. brongersmai</i> Inger & Marx, 1965	-	Sulawesi	-	Endemik
12	<i>C. butonensis</i> Howard & Gillespie, 2007	-	Buton	-	Endemik
13	<i>C. ceramensis</i> De Rooij, 1913	-	-	Seram	Endemik
14	<i>C. crassa</i> Lidith De Jeude, 1922	Sumatera	-	-	Endemik
15	<i>C. curta</i> Boulenger, 1896	-	Sulawesi	-	Endemik
16	<i>C. doederleini</i> Gough, 1902	Sumatera	-	-	Endemik
17	<i>C. eiselti</i> Inger & Marx, 1965	Sumatera	-	-	Endemik
18	<i>C. everetti</i> Boulenger, 1893	Kalimantan	-	-	-
19	<i>C. forcarti</i> Inger & Marx, 1965	Sumatera, Nias	-	-	-
20	<i>C. grabowskyi</i> Fischer, 1885	Kalimantan	-	-	Endemik
21	<i>C. hilleniusi</i> Inger & Marx, 1965	Kalimantan	-	-	Endemik
22	<i>C. javanica</i> Boulenger, 1891	Jawa, Belitung	-	-	-
23	<i>C. lateralis</i> Mocquard, 1890	Jawa	-	-	-
24	<i>C. lautensis</i> De Rooij, 1917	Simeulue	-	-	Endemik
25	<i>C. leucogaster</i> Bleeker, 1860	Sumatera, Jawa, Kalimantan	-	-	-
26	<i>C. linnaei</i> Boie, 1827	Jawa, Bangka	-	-	-
27	<i>C. longirostris</i> Howard & Gillespie, 2007	-	Buton	-	Endemik
28	<i>C. lovii</i> Boulenger, 1887	Kepri, Jawa, Kalimantan	-	-	-
29	<i>C. lumbricoidea</i> Boie, 1827	Sumatera, Nias, Mentawai, Jawa, Kalimantan, Natuna	-	-	-
30	<i>C. lumholtzi</i> Andersson, 1923	Kalimantan	-	-	Endemik
31	<i>C. margaritophora</i> Bleeker, 1860	Sumatera	-	-	Endemik
32	<i>C. mecheli</i> Schenkel, 1901	Sumatera	-	-	Endemik
33	<i>C. melanota</i> Jan, 1862	Kalimantan	-	-	-
34	<i>C. modesta</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	Sumatera, Simeulue, Jawa	-	-	-
35	<i>C. muelleri</i> Boulenger, 1896	-	Sulawesi	-	Endemik
36	<i>C. nuchalis</i> Boulenger, 1896	-	Sulawesi	-	Endemik
37	<i>C. rebentischii</i> Bleeker, 1860	Kalimantan	-	-	Endemik
38	<i>C. schlegelii</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	Sumatera, Bangka, Belitung, Jawa, Bali, Kalimantan	-	-	-
39	<i>C. suluensis</i> Taylor, 1922	Kalimantan	-	-	-
40	<i>C. sumatrana</i> Edeling, 1870	Sumatera	-	-	Endemik
41	<i>C. ulmeri</i> Sackett, 1940	Sumatera	-	-	Endemik
42	<i>C. virgulata</i> Boie, 1827	Sumatera, Nias, Kepri, Jawa, Kalimantan	Sulawesi	-	-



Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bangka dan Belitung (Marx & Inger, 1955). Akan tetapi, ada pula satu spesies dengan penyebaran yang luas yaitu, *C. virgulata* dapat ditemukan di Sumatera (Nias dan Kep.Riau), Jawa, Kalimantan dan Sulawesi (Boulenger, 1894).

Namun, beberapa spesies *Calamaria* lainnya ditemukan juga hanya ada pada wilayah tertentu di Indonesia dengan status keberadaan yang endemik, seperti terdapat di Sumatera ada 9 species yaitu: *C. albiventer*, *C. alidae*, *C. crassa*, *C. doederleini*, *C. eiselti*, *C. margaritophora*, *C. mecheli*, *C. sumatrana*, dan *C. ulmeri*; Kalimantan ada 6 species yaitu: *C. battersbyi*, *C. borneensis*, *C. grabowskyi*, *C. hilleniusi*, *C. lumholtzi*, dan *C. rebentischii*; Sulawesi ada 11 spesies yaitu: *C. acutirostris*, *C. apraeocularis*, *C. banggaiensis*, *C. boesemani*, *C. brongersmai*, *C. curta*, *C. longirostris*, *C. muelleri*, dan *C. nuchalis* kecuali *C. virgulata*. Namun, tidak satupun spesies yang ada di Jawa merupakan spesies endemik.

Spesies *Calamaria* dari Sumatera memiliki keanekaragaman tertinggi dengan 12 spesies, diikuti oleh Sulawesi dengan 10 spesies dan kemudian Kalimantan hanya dengan 3 spesies (Iskandar & Colijn, 2001). Adapun jenis endemik yang terdapat di Sumatera berdasarkan publikasi yang diterbitkan, terdiri dari *Calamaria abstrusa*, *C. albiventer*, *C. alidae*, *C. crassa*, *C. doederleini*, *C. eiselti*, *C. forcarti*, *C. lautensis*, *C. margaritophora*, *C. mecheli*, *C. sumatrana* dan *C. ulmeri*. Status dan keberadaan spesies tersebut di habitatnya masih sulit ditemukan, informasi yang bisa diketahui hanya melalui spesimen tipe yang disimpan di museum-museum luar negeri. Sedangkan dari 9 spesies *Calamaria* yang terdapat di Jawa tidak satupun yang mempunyai status endemik. Tetapi yang menarik adalah semua spesiesnya berbagi distribusi dengan pulau-pulau lainnya bahkan daratan Asia Tenggara. Spesies-spesies yang berbagi penyebaran dengan Pulau serta kepulauan di sekitarnya yang termasuk dalam Paparan Sunda seperti Sumatera (*Calamaria leucogaster*, *C. lumbricoidea*, *C. modesta*, *C. schlegeli*), Kalimantan (*C. bicolor*, *C. leucogaster*, *C. lovii*, *C. lumbricoidea*, *C. modesta*, *C. schlegeli*), dan berturut-turut masing-masing 1 spesies dengan Bangka (*C. linmaei*), Belitung (*C. javanica*), dan Sulawesi (*C. modesta*). Selebihnya merupakan spesies yang mempunyai penyebaran luas selain di Paparan Sunda melainkan pula hingga daratan Asia Tenggara dan Kepulauan Filipina, yaitu *C. lumbricoidea*, *C. schlegeli* dan *C. virgulata*.

Inger dan Marx (1965) mengemukakan teori bahwa *Calamaria* pertama kali berevolusi di Kalimantan, kemudian menyebar hingga sampai di daerah distribusinya saat ini. Jumlah spesies *Calamaria* yang ditemukan di daerah penyebaran sekarang ini mempunyai kecenderungan akan menjadi lebih sedikit, hal ini disebabkan semakin jauh

jaraknya dari Kalimantan. Selain itu, karena kehidupannya yang *semifossorial*, pergerakannya kurang gesit dan habitatnya yang relatif permanen sehingga tidak mudah menyebar (Inger & Voris, 2001). Dengan demikian, dapat dipahami bahwa pemisahan geografi merupakan faktor utama yang mempengaruhi spesiasi, karena selama populasi suatu spesies yang sama masih berhubungan secara langsung, *gene flow* masih dapat terjadi (Mallet dkk., 2009). Lebih lanjut Turelli dkk., (2001) menjelaskan bahwa jika terbentuk hambatan bagi penyebaran spesies yang salah satunya diakibatkan oleh rentang geografis maka, tidak akan ada pertukaran susunan gen dalam sistem populasi dan evolusi akan berlangsung sendiri-sendiri. Semakin lama kedua populasi tersebut akan semakin berbeda karena telah mengalami evolusi dengan caranya sendiri.

Namun demikian, filogeografi *Calamaria* di Indonesia sampai saat ini masih banyak keterbatasan terutama yang berkaitan dengan informasi empiris dan perkembangan dalam penemuan jenis baru *Calamaria* dari sejak pertama dipublikasi hingga saat ini dapat diketahui pada beberapa peneliti lainnya juga berperan dalam mendeskripsikan *Calamaria* antara lain, Taylor (1922) yang menuliskan deskripsi spesies *Calamaria* di Kepulauan Filipina; Marx dan Inger (1955) yang melakukan studi literatur perbedaan antar spesies berdasarkan hasil penelitian dari para peneliti sebelumnya, dan sepuluh tahun kemudian Inger dan Marx (1965) mengulas kembali lebih rinci mengenai sistematika antar spesies *Calamaria* yang terdapat di wilayah penyebarannya terutama di daerah Oriental. Eksplorasi penyelidikan mengenai penelitian spesies *Calamaria* kemudian kembali terekam pada era tahun 2000an. Pengungkapan jenis-jenis yang dideskripsikan berbeda dari sebelumnya mulai bermunculan yaitu *Calamaria gialainensis* (Ziegler dkk., 2008), *C. sangi* (Nguyen dkk., 2009), dan *C. concolor* (Orlov dkk., 2010) pada dataran tinggi di Vietnam. Di Indonesia penulisan deskripsi jenis yang baru terungkap, pernah dilakukan oleh Howard dan Gillespie (2007) yaitu *C. butonensis* dan *C. longirostris* yang terdapat di Pulau Buton, dan *C. banggaiensis* dari Pulau Banggai oleh Koch dkk., (2009), ketiga spesies tersebut berasal dari pulau-pulau sekitar Sulawesi. Namun demikian, sampai saat ini setelah sekian lamanya riwayat taksonomi spesies *Calamaria* dikelompokkan ke dalam spesies-spesies, belum ada penelitian yang mengungkapkan dan mendeskripsikan mengenai *Calamaria* yang berasal dari Paparan Sunda, khususnya Jawa dan Sumatera.

2.6. Habitat *Calamaria*

Calamaria termasuk anggota anakfamili *Calamariinae* yang secara taksonomi merupakan salah satu dari anggota famili Colubridae yang paling sukses menyebar di



daerah tropis pada paparan *Oriental*. Akan tetapi walaupun penyebarannya luas, penelitian ekologi yang melakukan pengamatan secara mendalam mengenai relung kehidupan spesies *Calamaria* pada habitat aslinya sampai saat ini belum ada. Literatur yang pernah terbit hanya menyebutkan ular surapari merupakan jenis ular yang mempunyai sifat sekretif atau senang bersembunyi di permukaan tanah. Umumnya mendiami habitat lantai hutan, ladang maupun persawahan pada dataran rendah hingga pegunungan (Hodges, 1993). Biasanya hidup di bawah dedaunan yang telah menjadi humus dan di lubang tanah (Howard & Gillespie, 2007). Data dan informasi yang selama ini dapat diketahui hanyalah berdasarkan habitat dimana spesies *Calamaria* ditemukan. Biasanya hidup di bawah dedaunan yang telah menjadi humus, di bawah batang kayu lapuk atau di lubang tanah yang terlindung. Permukaan tanah yang menjadi mikro habitatnya biasa yang basah, agak gembur dan tidak terlalu padat (Howard & Gillespie, 2007). Akibat ancaman manusia yang semakin intensif dalam kegiatan eksploitasi terhadap hutan maka banyak habitatnya menjadi terfragmentasi dan mengakibatkan kerusakan hutan, sehingga banyak relung ekologi yang alami hanya tersisa sedikit saja di wilayah dataran tinggi. Belantara yang tersisa hanyalah berupa kantong-kantong hutan di puncak pegunungan. Dengan demikian, habitatnya yang selama ini belum banyak data akan semakin sulit diketahui jika kondisi tersebut terus menerus semakin tidak terkendali.

2.7. Perilaku Aktifitas Harian

Informasi mengenai perilaku spesies ular yang bersifat *fossorial* telah sejak lama menjadi perhatian ilmiah para peneliti untuk dapat mengungkapkan rahasia kehidupan sehari-hari dari sisi ekologi, silsilah secara taksonomi maupun kekerabatannya dari segi evolusi (Braz dkk., 2014). Penelitian mengenai status konservasi satwa reptil di sisi lain juga menilai bahwa risiko kepunahan akan lebih cepat terjadi pada spesies di daerah tropis yang mempunyai kebiasaan hidup secara *fossorial* atau *semi-fossorial* (Bohm dkk., 2013). Makanannya yang lebih mengutamakan hewan yang lebih lunak dan berukuran lebih kecil dari tubuhnya seperti cacing tanah, serangga dan invertebrata lainnya (Gambar 7). kemungkinan besar yang berhubungan erat dengan habitat, jika hutan atau habitatnya semakin rusak. Ular walaupun badannya tidak dilengkapi anggota tubuh seperti lengan, kaki, bahkan telinga, namun dapat meluncur pada media yang bebatuan, menyelinap masuk lubang dan menangkap mangsanya dengan mudah. Bagian kepalanya berukuran kecil, berbentuk agak pipih dan tidak ada beda dengan leher, kondisi ini diasosiasikan dan telah termodifikasi sebagai ular yang mempunyai relung habitat dengan cara menyelusup



di permukaan tanah (*burrowing snakes*) (de Rooij 1917; Taylor 1922; Pope 1935). Pada beberapa jenis ular memiliki kemampuan menggali lubang sendiri, dan dapat beradaptasi terhadap pencahayaan yang rupanya faktor penting yang berpengaruh terhadap jenis-jenis ular *fossorial*, selain substrat tanah sebagai mikrohabitat yang dipakai dalam aktifitas hariannya. terhadap kehidupan dalam lubang. Tetapi sering juga mengisi lubang yang telah digali oleh hewan lain seperti kelinci, tikus tanah, atau invertebrata (Wilson & Dorcas, 2004). Lubang yang akan dihuni sebagai habitat ular tersebut harus sempurna dan cocok yaitu memiliki iklim yang stabil, mempunyai fungsi yang sesuai untuk reproduksi dan sebagai tempat perlindungan terhadap pemangsa, bahkan kadang merupakan tempat yang melimpah dengan mangsa (de Lema, 2001).



Foto: Irvan Sidik



Foto: iNaturalist

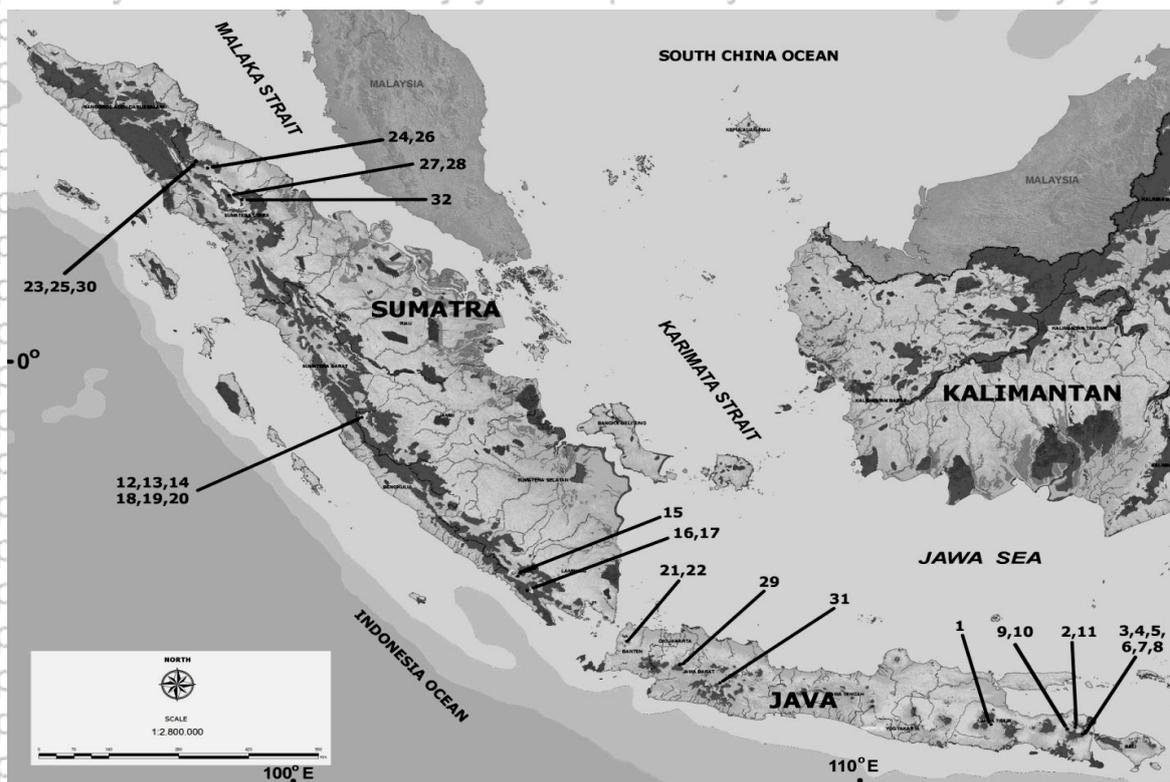
Gambar 6. Relung hidup dua spesies berbeda pada habitatnya, ditunjukkan dengan perilaku saat spesies *Calamaria linnaei* (foto kiri), sedang menyelusupkan kepalanya ke dalam lubang tanah dan *C. lumbricoidea* (foto kanan) saat menelan mangsanya berupa cacing tanah.

Pohon-pohonan sekitar relung hidupnya amat penting bagi kehidupan spesies tersebut, karena dengan masih tumbuh suburnya tanaman sekitar maka unsur penunjang itu dapat membantu untuk terus menjelajah dan keberlangsungan hidupnya (Goodyear & Pianka, 2008). Oleh karena itu, ular menyesuaikan diri terhadap kehidupannya dalam lubang tanah sehingga telah terjadi perkembangan morfologi yang berbeda, baik perilaku dan maupun makanannya. Aktifitas hariannya juga lebih sering muncul dari lubang persembunyian atau bawah batang kayu yang telah lapuk pada malam hari, sehingga jarang sekali ditemukan jika tidak secara kebetulan (Holm, 2008).

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada beberapa daerah dataran tinggi di Jawa dan Sumatera, pelaksanaan setiap 2 kali dalam setahun selama sebulan lamanya dari tahun 2013 sampai 2015, seperti terlihat pada Gambar 7. Lokasi yang menjadi target tempat penelitian, sebelumnya diketahui berdasarkan hasil pengamatan melalui citra *landsat* dan survei pendahuluan untuk melihat situasi dan keadaan akses menuju daerah yang akan disurvei. Oleh karena kegiatan survei ini bersifat inventarisasi banyaknya spesies dan jumlah *Calamaria* yang dikumpulkan maka pemilihan lokasi bukan menjadi faktor utama. Akan tetapi lebih diprioritaskan pada daerah-daerah dataran tinggi atau pegunungan yang masih baik kondisi dan diduga menjadi habitatnya.



Gambar 7. Pengumpulan spesimen *Calamaria* pada 32 lokasi di Pulau Jawa dan Sumatera

Daerah yang menjadi tempat aktifitas pengumpulan spesimen mencakup 32 lokasi pada 20 kabupaten dan 7 propinsi (Tabel 2). Lokasi penelitian terdiri dari beberapa habitat yaitu hutan pegunungan dengan tutupan tajuk kanopi dan densitas tumbuhan herba yang rapat (Kawi, Pulosari, Cibodas, dan Pangulubao), hutan produksi pinus dan meranti (Berastagi, Cimaung), perkebunan kopi (Sempol dan Kalisat) dan teh (Kayu Aro), kebun

kemiri (Samosir), kebun sayuran dan buah (Sukorejo), ladang (Jampit, Ngarip, Warkuk dan Sibolangit), persawahan tadah hujan (Pelompek).

Tabel 2. Beberapa lokasi pada daerah dataran tinggi di Pulau Jawa dan Sumatera yang dilakukan survei inventarisasi *Calamaria* dalam penelitian ini sejak tahun 2013 sampai 2016

No.	Lokasi	Koordinat	Spesies	Elevasi (m dpl)
1	Gunung Kawi, Jatim	8°00'09.4"S 112°29'04.8"E	<i>C. schlegeli</i>	1228
2	Kalisat, Jatim	8°01'29.8"S 114°06'22.0"E	<i>C. schlegeli</i>	1417
3	Jampit, Jatim	8°04'29.5"S 114°08'19.5"E	<i>C. schlegeli</i>	1559
4	Jampit, Jatim	8°04'25.2"S 114°08'32.1"E	<i>C. schlegeli</i>	1552
5	Jampit, Jatim	8°04'25.2"S 114°08'32.1"E	<i>C. schlegeli</i>	1552
6	Jampit, Jatim	8°04'35.7"S 114°08'20.6"E	<i>C. schlegeli</i>	1563
7	Jampit, Jatim	8°04'48.5"S 114°08'35.9"E	<i>C. schlegeli</i>	1621
8	Jampit, Jatim	8°04'29.5"S 114°08'19.5"E	<i>C. schlegeli</i>	1559
9	Sukorejo, Jatim	8°00'26.7"S 114°04'07.8"E	<i>C. schlegeli</i>	1279
10	Sukorejo, Jatim	7°58'10.8"S 114°01'31.9"E	<i>C. linnaei</i>	883
11	Kalisat, Jatim	8°01'05.5"S 114°06'41.9"E	<i>C. schlegeli</i>	1289
12	Kayu Aro, Jambi	1°46'30.5"S 101°17'06.4"E	<i>C. eiselti</i>	1491
13	Kayu Aro, Jambi	1°46'30.5"S 101°17'06.4"E	<i>C. eiselti</i>	1491
14	Pelompek, Jambi	1°48'02.7"S 101°21'23.0"E	<i>C. eiselti</i>	1409
15	Warkuk, Sumsel	4°51'43.7"S 104°05'03.0"E	<i>C. margaritophora</i>	1409
16	Ngarip, Lampung	5°17'02.3"S 104°33'23.9"E	<i>C. schlegeli</i>	1341
17	Ngarip, Lampung	5°17'16.7"S 104°33'21.4"E	<i>C. schlegeli</i>	1258
18	Kayu Aro, Jambi	1°46'30.5"S 101°17'06.4"E	<i>C. eiselti</i>	1491
19	Kayu Aro, Jambi	1°46'30.5"S 101°17'06.4"E	<i>C. eiselti</i>	1491
20	Kayu Aro, Jambi	1°46'30.5"S 101°17'06.4"E	<i>C. eiselti</i>	1491
21	Pulosari, Banten	6°19'43.9"S 105°57'50.0"E	<i>C. lumbricoidea</i>	610
22	Pulosari, Banten	6°19'46.8"S 105°58'00.8"E	<i>C. linnaei</i>	680
23	Sibolangit, Sumut	3°14'34.8"N 98°32'15.7"E	<i>C. sumatrana</i>	1238
24	Berastagi, Sumut	3°12'00.1"N 98°31'01.0"E	<i>C. lumbricoidea</i>	1431
25	Sibolangit, Sumut	3°14'42.8"N 98°32'03.8"E	<i>C. sumatrana</i>	1271
26	Sibolangit, Sumut	3°14'42.8"N 98°32'03.8"E	<i>C. lumbricoidea</i>	1251
27	Samosir, Sumut	2°42'40.9"N 98°48'20.0"E	<i>C. sumatrana</i>	932
28	Samosir, Sumut	2°42'40.9"N 98°48'20.0"E	<i>C. sumatrana</i>	932
29	Cibodas, Jabar	6°44'28.3"S 107°00'11.9"E	<i>C. linnaei</i>	1460
30	Sibolangit, Sumut	3°18'11.9"N 98°10'50.0"E	<i>C. lumbricoidea</i>	667
31	Cimaung, Jabar	7°06'19.3"S 107°35'54.1"E	<i>C. linnaei</i>	1223
32	Pangulubao, Sumut	2°35'31.6"N 99°02'21.2"E	<i>C. sumatrana</i>	1258

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini pada dasarnya menggunakan metode deskriptif untuk menggambarkan karakteristik populasi fauna yang diteliti. Prosedur kerjanya yaitu dengan cara mencari, mengumpulkan, memilah dan mengelompokan spesimen-spesimen



Calamaria yang didapat dari lapang. Kegiatan ini berlangsung mulaidari pagi sekitar pukul 08.00 – 09.00, dengan jeda istirahat saat tengah hari kemudian dilanjutkan hingga menjelang tengah malam (23.00). Sampling dilakukan dengan berjalan kaki pada lokasi penelitian yang merupakan habitatnya. Setiap saat selalu membalikkan batu-batuan, mengangkat batang-batang kayu (log) lapuk, membongkar dedaunan yang membusuk atau tanaman penutup lantai hutan yang telah mati, dengan bantuan tongkat ular (snake hook). Cara ini dilakukan mengingat *Calamaria* adalah kelompok ular yang bersifat sekretif dan *semifossorial*, kemungkinan besar biasanya ular ini sedang bersembunyi sehingga akan lebih mudah ditemukan di bawah pelindungnya (Hsiang dkk., 2015). *Calamaria* juga merupakan spesies ular yang tidak memiliki racun (bisa) dan ukuran tubuh yang relatif kecil serta tergolong tidak agresif. Oleh karena itu dapat dengan mudah ditangkap dengan tangan dan dikumpulkan tanpa bantuan alat.

Spesimen *Calamaria* yang berhasil diperoleh selanjutnya dipilah (sorting) berdasarkan kesamaan karakter dan diberikan label seperti pada Gambar 8 di bawah ini:

MUSEUM ZOOLOGICUM BOGORIENSE	
No.	Field No. :
Species	
Loc.	
Coord.	Alt. :
Coll.	
Date	
Det.	

Gambar 8. Label koleksi spesimen yang terdapat di Museum Zoologicum Bogoriense

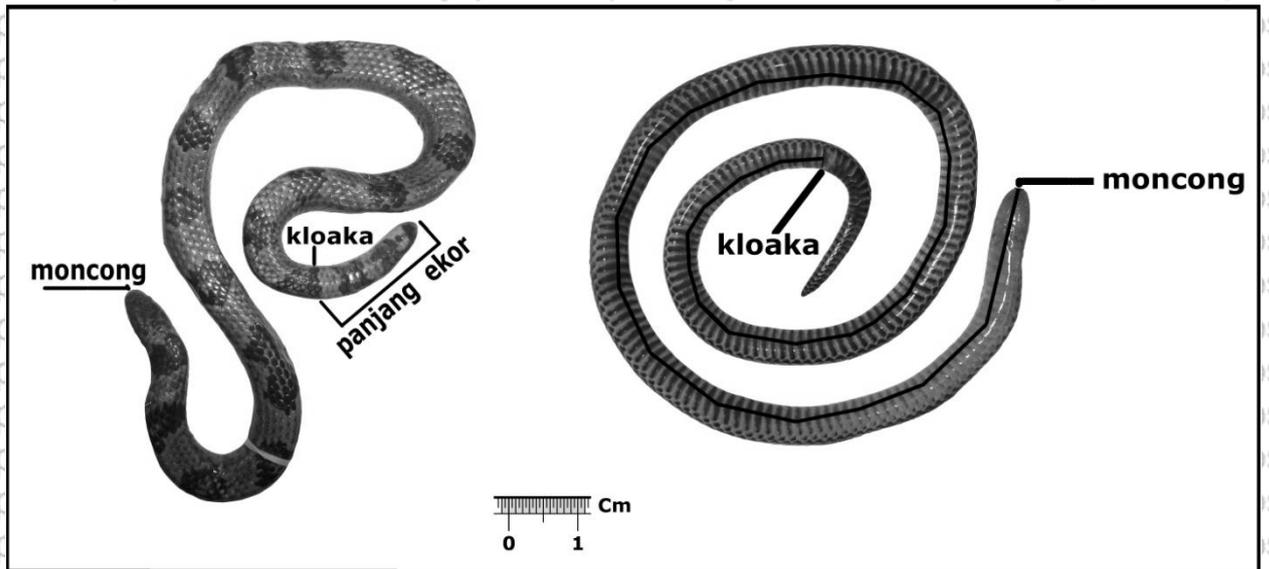
Label koleksi kemudian diregistrasi ke dalam buku katalog sesuai dengan keterangan sebagai berikut: 1) No. (nomor registrasi koleksi); 2) Field No. (nomor urutan spesimen di lapang); 3) Species (nama latin spesies); 4) Loc. (lokasi lengkap dengan alamat tempat spesimen ditemukan atau didapatkan); 5) Coord. (koordinat lintang dan bujur tempat spesimen ditemukan berdasarkan alat GPS); 6) Alt. (altitude atau ketinggian (meter) lokasi spesimen ditemukan dari permukaan laut (dpl) berdasarkan alat GPS); 7) Coll. (kolektor, penemu spesimen); 8) Date (tanggal, bulan dan tahun spesimen ditemukan); 9) Det. (determinator, nama seorang atau lebih yang melakukan determinasi terhadap spesimen). Setiap spesimen *Calamaria* yang dikumpulkan dari lapang, difoto

seluruh bagian tubuhnya dalam kondisi masih hidup, agar supaya pola warna dan corak tubuhnya masih terlihat jelas. Selanjutnya, spesimen diawetkan dalam formalin 10% di lapang dan dipindahkan ke dalam botol koleksi yang telah diberikan etanol 70% di laboratorium dengan diberikan label koleksi seperti terlihat pada gambar 8 di atas. Botol koleksi yang telah berisi spesimen *Calamaria* selanjutnya ditempatkan pada rak-rak kompakus tempat penyimpanan. Spesimen koleksi disimpan di Laboratorium Herpetologi, Museum Zoologicum Bogoriense (MZB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong – Indonesia.

3.2.1. Morfometrik

Sisik-sisik pada bagian kepala baik atas (dorsum), pinggir (lateral) maupun bawah (ventrum) merupakan karakter yang penting untuk menentukan identitas spesies *Calamaria* selain bagian tubuh lainnya. Terminologi dalam pengukuran karakter mengikuti Boulenger (1894), Inger dan Marx (1965) dan Grismer dkk. (2004). Spesimen didokumentasikan dalam bentuk foto menggunakan kamera digital *Pentax kr 100mm f/2.8 Macro WR*. Pita pengukur (seperti pita pengukur pakaian) digunakan untuk mengukur spesimen sampai ukuran milimeter (mm). Oleh karena, celah kloaka tidak terlihat dari dorsum (atas) maka pengukuran dilakukan dengan membalikkan badan pada bagian ventrum sehingga batas celah kloaka tampak jelas (Gambar 9), adapun pengukurannya yaitu:

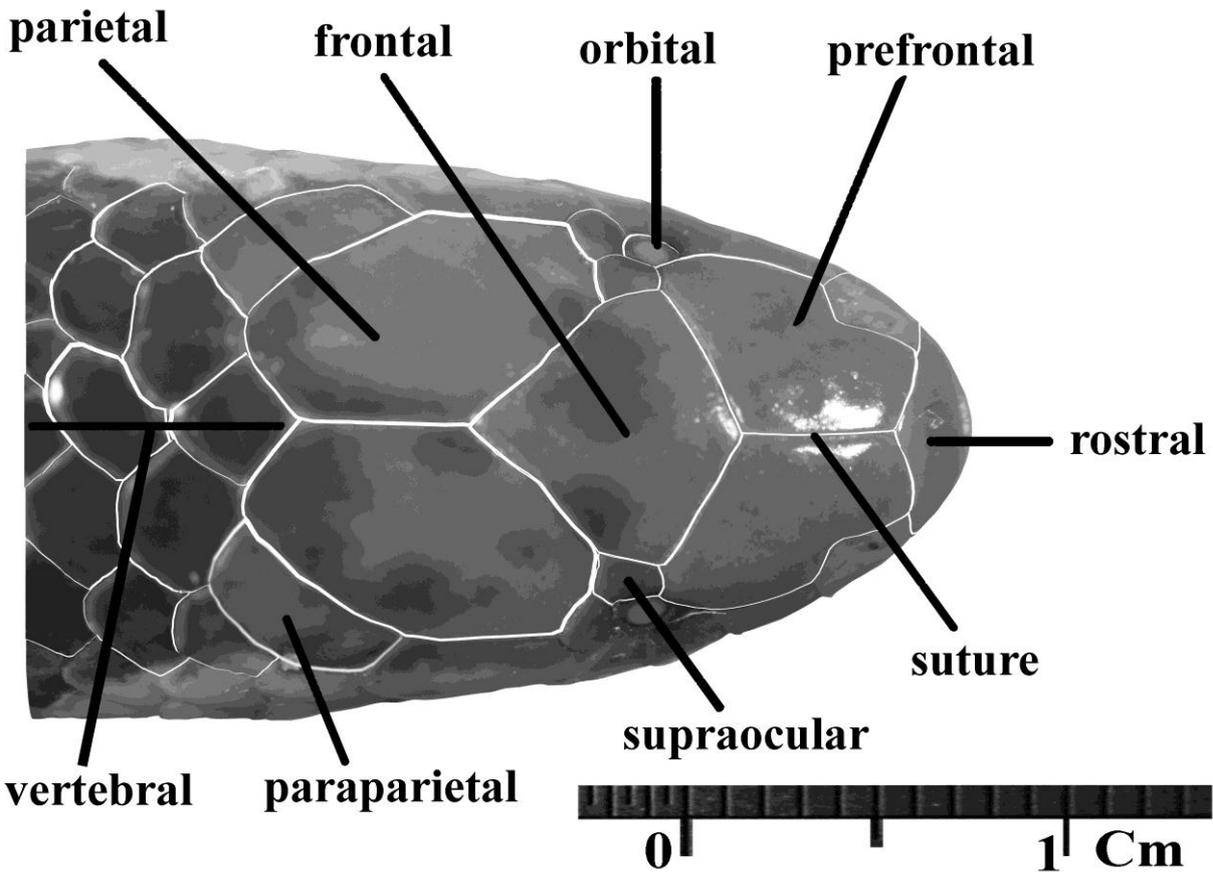
- 1) Panjang badan adalah pengukuran dari ujung moncong (snout) sampai lubang atau celah kloaka (vent).
- 2) Panjang ekor adalah pengukuran dari lubang atau celah kloaka sampai ke ujung ekor.
- 3) Panjang total tubuh adalah pengukuran dari ujung moncong sampai ujung ekor.
- 4) Rasio ekor terhadap panjang total adalah perbandingan panjang ekor dengan dibandingkan panjang total.



Gambar 9. Pengukuran panjang badan sampai ke celah kloaka (snout-vent length), dan mengukur panjang ekor. Pengukuran dilakukan pada bagian bawah badan (ventrum), karena batas celah kloaka tidak terlihat dari atas tubuh (dorsum)

Pengukuran morfometrik lainnya, seperti terlihat pada Gambar 10 dilakukan dengan menggunakan digital kaliper hingga dua digit dibawah nol (0,01 mm) dan mikroskop pembesaran sampai 30x dengan bantuan aplikasi piranti lunak *ImageJ* untuk mengukur :

- 5) Dimensi rostral adalah perbandingan lebar dengan tinggi sisik rostral.
- 6) Panjang rostral dengan prefrontal adalah membandingkan pengukuran dari panjang suture prefrontal dengan panjang dorsum rostral.
- 7) Panjang prefrontal ke frontal adalah perbandingan panjang antara pembatas sisik (suture) antar kedua prefrontal dengan panjang median frontal.
- 8) Dimensi supraocular adalah mengukur bagian terlebar dibandingkan dengan bagian terpanjang supraocular.
- 9) Panjang frontal dengan parietal adalah pengukuran bagian terpanjang pada frontal dengan dibandingkan bagian terpanjang parietal.
- 10) Bentuk frontal adalah umumnya berbentuk heksagonal tetapi dapat berbeda bentuknya pada bagian anterior (horisontal datar atau menyudut) dan posterior (menyudut tajam atau tumpul).
- 11) Panjang parietal dengan prefrontal adalah membandingkan pengukuran panjang dari suture parietal dan prefrontal.



Gambar 10. Susunan dan letak nama sisik pada dorsum kepala *Calamaria*

12) Paraparietal adalah sisik yang berbentuk memanjang lonjong ke bagian sisi kepala belakang. Perhitungan jumlah sisik-sisik yang mengelilinginya berbeda-beda pada setiap spesies *Calamaria*.

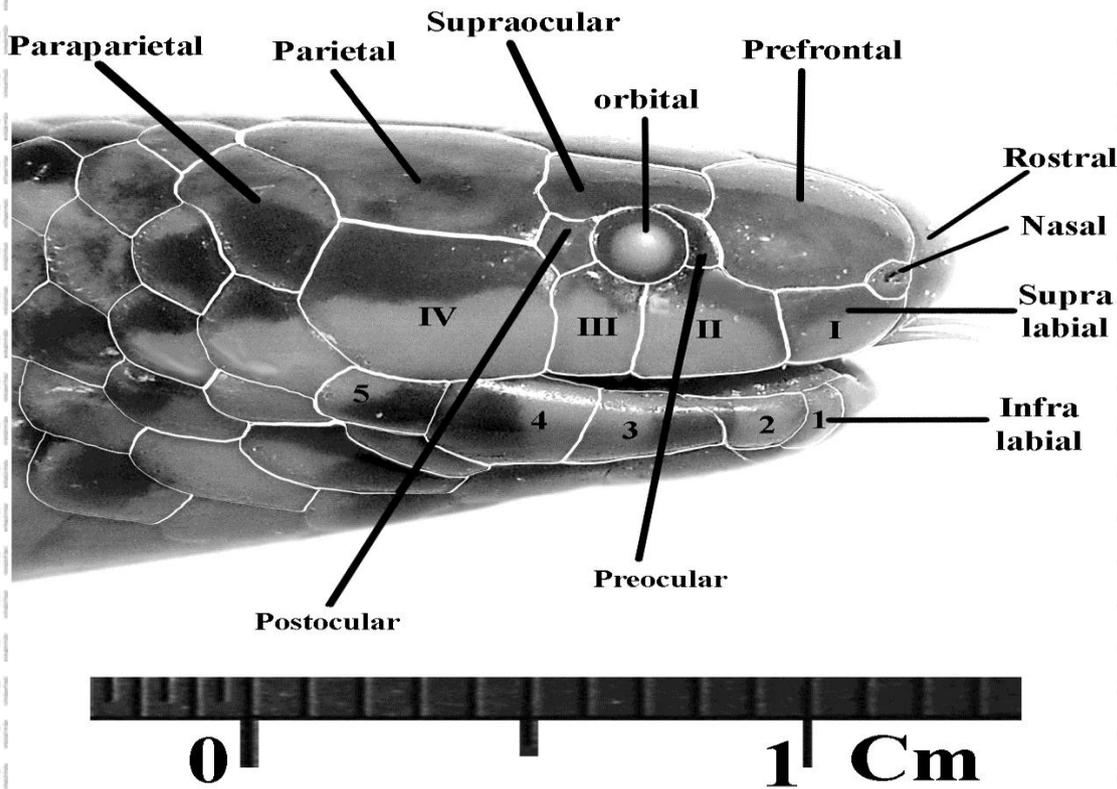
3.2.2. Meristik

Perhitungan skalasi (scalation) dengan metode meristik adalah suatu cara menghitung jumlah sisik pada setiap bagian kepala, badan dan ekor *Calamaria* (Gambar 11). Perhitungan sisik tersebut menandakan karakter-karakter sisik yang berbeda-beda pada setiap bagiannya, seperti:

13) Baris sisik dorsal badan adalah jumlah baris sisik yang membujur pada bagian dorsal badan. Pada semua *Calamaria* walaupun berbeda spesies memiliki jumlah baris sisik-sisik dorsal yang melingkari pada bagian badan berjumlah 13 baris.



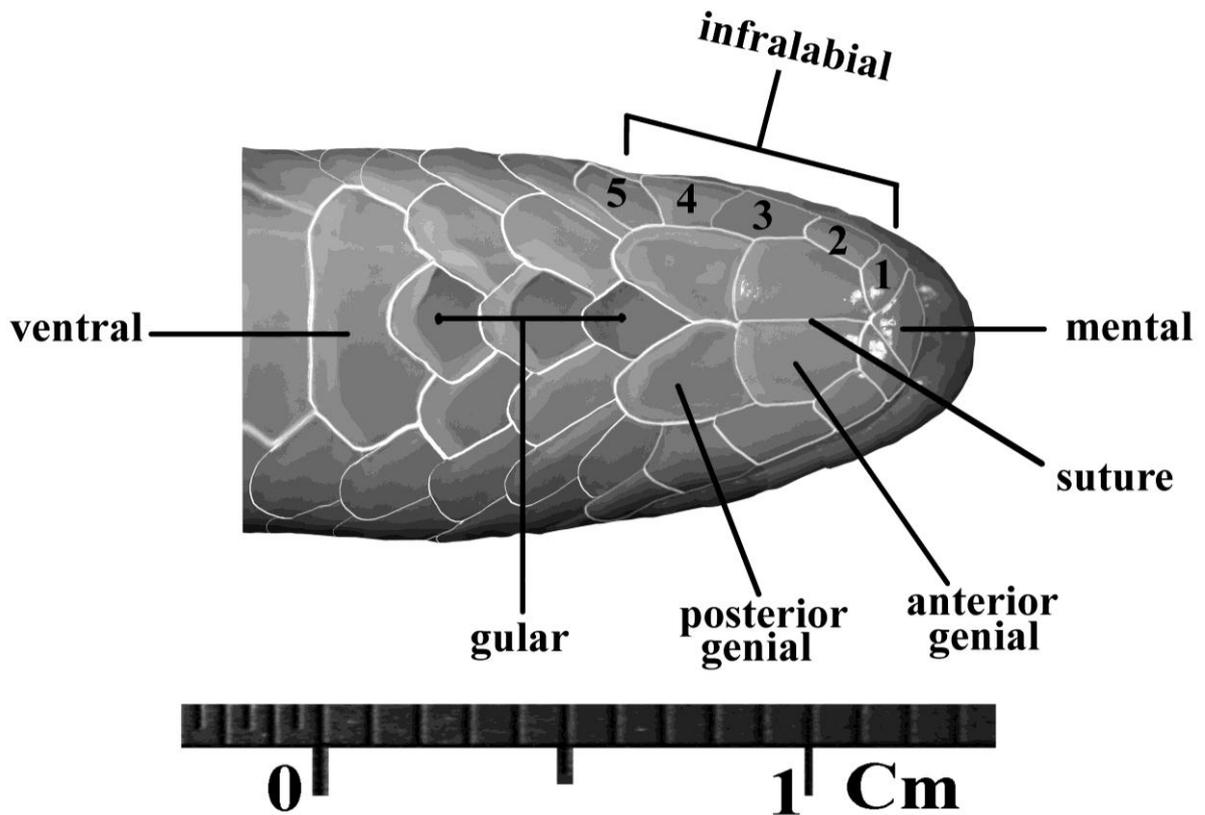
- 14) Prefrontal menyentuh supralabials adalah jumlah sisik supralabial yang bersentuhan langsung dengan sisik prefrontal.
- 15) Nasal dengan postocular adalah pengukuran yang membandingkan antara ukuran sisik nasal terhadap sisik postocular.
- 16) Preocular adalah sisik yang posisinya sejajar berada pada anterior (depan) mata dan letaknya diantara mata dan prefrontal. Pada beberapa spesies *Calamaria*, ada atau tidaknya (keberadaan) sisik preocular menentukan identitas spesies.
- 17) Postocular adalah sisik dengan posisi sejajar berada di posterior (belakang) mata dan letaknya diantara mata bagian posterior dengan sisik parietal dan sisik supralabial terakhir. Pada semua spesies *Calamaria*, sisik ini selalu ada dan jumlahnya tetap yaitu satu (1).
- 18) Supralabial adalah deretan sisik-sisik pada sisi (lateral) kepala dan berada langsung tepat dibatas atas celah mulut. Jumlah sisik supralabial menentukan identitas spesies *Calamaria*, umumnya berjumlah 5 sampai 6 sisik.
- 19) Supralabial menyentuh mata adalah jumlah dan posisi sisik supralabial yang langsung berhubungan dengan mata (orbital). Jumlah dan posisi sisik supralabial ini juga menentukan spesies *Calamaria*.
- 20) Infralabial adalah deretan sisik-sisik pada sisi (lateral) kepala dan letaknya berada di bawah celah mulut. Sisik infralabial pada spesies *Calamaria* tetap berjumlah 5 (tidak lebih maupun kurang).
- 21) Tinggi sisik preocular dan postocular terhadap mata (orbital) adalah perbandingan sejajar dari tinggi kedua sisik dengan tinggi secara vertikal mata. Penentuan spesies *Calamaria* dilihat berdasarkan pada tinggi kedua sisik tersebut, apakah letak dan posisinya sejajar atau tidak terhadap mata, namun demikian tergantung pula dari ada atau tidaknya sisik preocular, jika pada spesies yang tidak ada preocular maka pembandingnya hanya terhadap postocular saja.



Gambar 11. Susunan dan letak nama sisik pada lateral kepala *Calamaria*

22) Ukuran mata adalah pengukuran dengan cara membandingkan panjang diameter mata terhadap jarak antara bagian bawah mata ke batas celah mulut atau tegak lurus bagian bawah supralabial. Pengukuran ini digunakan untuk identitas spesies *Calamaria* karena spesies ini merupakan jenis ular *semifossorial* dan aktifitasnya lebih banyak nokturnal maka umumnya memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan jenis lain yang bukan *nonfossorial* atau *arboreal* dan beraktifitas diurnal. Oleh karena itu, perbandingan variasi ukuran mata pada antar spesies (*interspecific*) menunjukkan identitasnya.

Beberapa karakter kualitatif dengan diagnostik lainnya (Gambar 12) seperti:



Gambar 12. Susunan dan letak nama sisik pada ventrum kepala *Calamaria*

- 23) Mental adalah sisik dagu yang menyerupai bentuk segitiga, letaknya berada paling depan dari bagian bawah (ventrum) kepala dan posisinya berhubungan langsung dengan beberapa sisik lainnya seperti sisik infralabial pertama dan anterior genial. Pada beberapa spesies *Calamaria* mental ada yang langsung berhubungan dengan anterior genial tetapi ada pula yang tidak karena terhalang oleh sisik infralabial pertama yang saling bertemu satu sama lain.
- 24) Mental menyentuh anterior genial atau tidak adalah penentuan terhadap identitas spesies *Calamaria* berdasarkan atas posisi dan keberadaan mental yang menyentuh (tidak) terhadap anterior genial.
- 25) Infralabials yang menyentuh anterior genial adalah penghitungan berapa jumlah sisik infralabial yang menyentuh pada anterior genial. Pada umumnya spesies *Calamaria* semuanya memiliki 3 sisik infralabial (pertama, kedua dan ketiga) yang menyentuh anterior genial.



26) Anterior dan posterior genial bertemu di celah median dagu adalah karakter dari kedua genial yang menunjukkan saling bertemu pada satu sisi sebelah dalam (midline) dari celah lipatan kulit dagu (mental groove).

27) Gular adalah deretan sisik yang memanjang ke bawah dan terletak tepat setelah celah posterior genial. Perhitungan gular dimulai dari bagian paling atas (anterior) ke paling bawah (posterior). Umumnya jumlah gular yaitu 3 (tiga) tapi ada pula yang berjumlah 4 (empat) namun posisi gular pertama berada diantara dan diapit posterior genial.

28) Ventral adalah sisik bagian perut dari bawah badan. Perhitungan jumlah ventral dimulai tepat setelah gular terakhir sampai dengan sisik terakhir sebelum sisik anal. Penentuan spesies *Calamaria* ditetapkan berdasarkan banyaknya jumlah sisik ventral bahkan dapat digunakan ula untuk mengetahui jenis kelaminnya.

29) Anal adalah sisik penutup celah kloaka, bentuknya memanjang ke tepi badan, letaknya persis setelah sisik ventral terakhir, jumlahnya tetap 1 (tunggal) tidak terbagi dua (divided) dan beberapa spesies ukurannya bervariasi.

30) Subcaudal adalah sisik ekor bagian bawah yang terbagi dua secara menyilang kiri-kanan, dan dihitung mulai setelah sisik anal sampai sebelum ujung ekor.

31) Reduksi sisik dorsal ekor adalah pengurangan sisik bagian dorsum ekor yang perhitungannya yaitu jumlah baris sisik dorsal yang pertama mengalami reduksi dari 13 baris sisik. Pengurangan sisik ekor ini pada beberapa spesies dapat dijadikan salah satu penentu untuk identitas spesies *Calamaria*.

32) Ujung ekor adalah bagian terakhir atau paling ujung dari tubuh *Calamaria* yang biasanya berbetuk lancip, meruncing atau tumpul. Bentuk ujung ekor digunakan pula sebagai penentu identitas spesies.

33) Gigi maksila adalah satu karakter anatomi yang ditentukan atas dasar penghitungan jumlah dan kondisi gigi-gigi tersebut apakah telah mengalami modifikasi atau tidak termodifikasi.

3.2.3. Sampling DNA

Sampel yang digunakan untuk penelitian ini dikumpulkan selama penelitian lapangan yang dilakukan pada bulan Februari, Juni dan Desember 2013, Januari 2014, Juli dan Agustus 2015, Januari dan Juli 2016 di habitat dataran tinggi di Jawa dan Sumatera dengan ketinggian antara 600-1700 m dpl. Metode ekstraksi DNA, amplifikasi dan



sekuensing fragmen mtDNA sama seperti yang telah dilaporkan oleh Wostl dkk. (2016).

Jaringan otot atau hati dari setiap spesimen *Calamaria* diambil sebanyak 1 gram dengan menggunakan skapel atau gunting yang telah disterilkan dan disimpan ke dalam tabung *ependorf* 1,5 mL yang telah terisi larutan *buffer* lisis sel (0,5 M Tris; 0,25% EDTA ; 2,5% SDS). Isolasi genom DNA menggunakan kit Qiagen DNeasy (Qiagen, Valencia, CA, USA) atau metode "serapure" *magnetic beads* (Rohland & Reich, 2012). Pada proses ekstraksi DNA, 25 µl larutan *buffer* lisis sel yang mengandung jaringan tersebut dimasukkan dengan 25 µl air dan 5 µl proteinase K, selanjutnya diinkubasi pada suhu 57 °C selama 1 jam dengan tujuan untuk memastikan bahwa proses ini telah terekstraksi sempurna. Setelah masa inkubasi, sampel jaringan dicampur dengan 1,8 µl "serapure" *magnetic beads* untuk setiap 1 ul sampel.

Proses penggandaan fragmen DNA atau amplifikasi dilakukan dengan menggunakan alat *GeneAmp®PCR System 9700* (AB Applied BioSystem) untuk memperbanyak fragmen gen NADH dehydrogenase subunit 4 (ND4) dari DNA mitokondria. Gen ND4 yang diamplifikasi menggunakan, primer *forward* ND4: (5'-CAC CTA TGA CTA CCA AAA GCT CAT GTA GAA GC-3') dan primer *reverse* LEU: (5'-CAT TAC TTT TAC TTG GAT TTG CAC CA-3') (Arevalo dkk., 2004). Profil siklus termal gen ND4 terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

- Tahap pertama dilakukan denaturasi awal pada suhu 94°C selama 3 menit yang diikuti oleh 30 siklus pengaturan suhu. Setiap siklus denaturasi DNA berlangsung selama 30 detik pada suhu 94°C.
- Tahap penempelan (annealing) primer selama 45 detik pada suhu 52°C.
- Tahap perpanjangan rantai (extension) DNA selama 1 menit pada suhu 72°C.
- Tahap akhir, diikuti dengan perpanjangan rantai selama 7 menit terakhir pada suhu 72°C.

Prosedur berikutnya mengikuti tahap proses untuk membersihkan produk PCR dengan AMPure *®magnetic beads* (Agencourt®, Bioscience, Beverly, Massachusetts, AS).

Sampel DNA yang sudah diamplifikasi kemudian disimpan pada suhu -20°C untuk keperluan analisis selanjutnya.

Sampel DNA yang telah diamplifikasi, dianalisis hasilnya dengan melakukan elektroforesis pada 1% gel agarosa. Gel agarosa tersebut terendam seluruhnya dalam larutan *running buffer* dengan konsentrasi 1X TAE. Pada setiap lubang gel, dimasukkan 5 µl DNA hasil PCR yang dicampur dengan 1 µl *loading buffer* (50% glukosa; 0.1 M EDTA pH8.0; 0.1% bromofenol biru pH 8.0). Proses elektroforesis dilakukan selama 25 – 30



menit pada tegangan 110 Volt menggunakan alat *MUPID-2 Minigel Electrophoresis System*.

DNA marker 6 produksi *Amersham biotech* dipergunakan sebagai standar pembanding ukuran DNA. Gel agarosa yang telah melalui proses elektroforesis, kemudian direndam dalam larutan etidium bromida dengan konsentrasi 1 µg/ml selama 30 menit.

Selanjutnya hasil tersebut diamati dan didokumentasikan dengan menggunakan kamera Polaroid di bawah lampu UV dengan panjang gelombang 312 nm.

Proses sekuensing dilakukan pada fasilitas pusat genomik di Universitas Texas, Arlington, Amerika (UTA; gcf.uta.edu) dengan menggunakan protokol standar yang dikeluarkan oleh BigDyets Chemistry (Applied Biosystems, Foster City, California).

3.2.4. Analisis Molekuler

Sekuens parsial DNA mitokondria dari NADH dehidrogenase subunit 4 (mtND4) yang berhasil disekuens sebanyak 32 spesimen *Calamaria* subfamili *Calamariinae* dari penelitian ini kemudian dibandingkan dengan beberapa sekuens dari spesies yang diambil dari *GenBank* (portal: www.ncbi.nlm.nih.gov) yaitu, *Calamaria septentrionalis* (KR814708), dan tiga spesies lainnya sebagai *outgroup* taksa yaitu *Grayia tholloni* (DQ486326) subfamili *Grayiinae*, dan dua spesies subfamili *Colubrinae*, *Lycodon capucinus* (U49317), dan *Ptyas fusca* (KX66060) (Lampiran 1). Aplikasi piranti lunak MEGA 7.0 (Kumar dkk., 2016) dipergunakan untuk menyelaraskan dan mengedit sekuens-sekuens tersebut secara individual dengan Clustal W (Larkin dkk., 2007). Sekuens akhir keseluruhan proses penyetaraan (alignment) dari 32 spesimen *Calamaria* hasil penelitian, dan *C. septentrionalis*, *Grayia tholloni*, *Lycodon capucinus* serta *Ptyas fusca* dari *genbank* yaitu 616 pasangan basa (bp).

Estimasi rekonstruksi hubungan kekerabatan (filogenetik) antara spesies *Calamaria* dan spesies *outgroup* tersebut dapat ditunjukkan dalam bentuk pohon filogenetik (filogram) yang dibuat berdasarkan penjajaran setiap matriks sekuens mtND4 dengan menggunakan analisis Bayesian Inferensi (BI) dari program MRBAYES dan Maximum Likelihood (ML) dalam program RAxML pada portal CIPRES *Science Gateway* versi 3.3 (<https://www.phylo.org/>).

Analisis BI diestimasi dengan menggunakan Mr.Bayes 3.2.6 (Ronquist & Huelsenbeck, 2003) dengan model substitusi optimum HKY85 + Gamma dan metode Metropolis yang merupakan penggabungan empat metode secara simultan yaitu Monte



Carlo Markov Chain (MCMC) untuk simulasi 10 juta generasi (10M) dengan sampel filogram untuk setiap 1000 generasi. Sedangkan analisis ML dilakukan dengan menggunakan RAxML versi 8.2.10 (Stamatakis, 2014) dengan model GMA berganda yang secara umum diulang dengan 1000 replikasi *bootstrap* non parametrik. Hasil analisis dilakukan di portal CIPRES masih dalam program filogram divisualisasikan menjadi bentuk pohon filogenetik dengan menggunakan program FigTree 1.4. (Rambaut, 2012). Perbandingan pasangan dari divergensi sekuens jarak genetik antar spesies yang diteliti diperoleh pada MEGA 7 menggunakan model substitusi *p-distance* dan 1000 kali replikasi *bootstrap* untuk menguji filogeni.

Topologi pada simpul pohon filogenetik dengan dukungan *bootstrap* untuk inferensi ML jika nilainya lebih dari 70% dianggap memiliki ekspektasi dengan arti cukup bermakna untuk dapat dipercaya (Hillis & Bull, 1993). Sedangkan untuk inferensi BI dengan nilai 95% atau lebih besar dianggap memiliki arti bermakna dan dapat dipercaya (signifikan) (Leaché & Reeder, 2002).

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Genus *Calamaria* menyebar luas di Asia Timur, Selatan dan Tenggara, terutama pada negara-negara kepulauan. Negara terbanyak yang memiliki tingkat keragaman spesies *Calamaria* di dunia adalah Indonesia yang terdiri dari 41 spesies dari 61 yang terdapat menyebar di daerah distribusinya (Uetz & Hallermann, 2017). Sistematika *Calamaria* diperbandingkan secara detil antar spesiesnya berdasarkan karakter utama pada sisik kepala dan jumlah sisik ventralnya pertama kali oleh Dumeril dkk. (1854), setelah nama genus tersebut dideskripsi Boie pada tahun 1827. Pembahasan biosistematika dan evolusinya kemudian diuraikan lebih komprehensif oleh Inger dan Marx (1965) dengan membandingkan karakter morfologi secara morfometrik dan meristik terhadap lebih dari 51 spesies *Calamaria*. Inger dan Marx, adalah para peneliti pionir yang menjabarkan dan membuat pembagian spesies-spesies *Calamaria* dengan zona penyebaran biogeografi yang ada di kawasan *Oriental* sehingga sekarang masih menjadi dasar acuan para herpetologis meneliti lebih mendalam spesies *Calamaria*. Perkembangan ilmu taksonomi yang semakin maju melalui analisis genetika maka para taksonom mendapatkan banyak kemudahan dan lebih dapat memahami konsep spesies (Yang & Rannala, 2010). Dalam kerangka untuk memahami hubungan satu spesies dengan spesies lainnya maka data-data secara molekuler dapat membantu untuk menjelaskan masalah hubungan kekerabatan (filogeni) yang sulit dipecahkan dalam tingkat spesies (Pyron dkk., 2011).

4.1. Karakter Morfologi

Deskripsi dan identifikasi spesies *Calamaria* dari era 1900an hingga tahun 2010 masih dilakukan dengan penguraian melalui karakter morfologi. Beberapa karakter morfologi pada subjek yang terkait dengan identifikasi mencakup bentuk dan ukuran tubuh bagian luar, perhitungan jumlah sisik dan perbedaan bentuk serta jumlah gigi rahang atas (Boulenger, 1894; De Rooij, 1917; Marx & Inger, 1955; Inger & Marx, 1965; Orlov dkk., 2010). Meskipun demikian karakter tersebut sangat bermanfaat untuk menunjukkan bukti dari hubungan kekerabatan antar spesies *Calamaria* (Inger & Marx, 1965).

Pengamatan data morfologi pada skalasi kepala mempunyai arti penting, tidak hanya untuk konservasi spesies ular, tetapi juga untuk tujuan taksonomi (Allam dkk., 2009). Hal ini dapat dilihat pada perbedaan diagnosis ada atau tidaknya preocular, jumlah supralabial dengan sisik-sisik supralabial yang menyentuh dengan mata, jumlah sisik di

sekitar paraparietal, dan menyentuh atau memisahkannya sisik mental dengan sisik dagu anterior (Boulenger, 1894). Pernyataan di atas juga diperkuat oleh Inger dan Marx (1965) bahwa supralabial adalah salah satu diantara sisik kepala yang menentukan identifikasi spesies. Pengujian data-data morfologi spesimen yang diidentifikasi pada penelitian ini memiliki karakter-karakter serupa dan menyajikan gambaran yang jelas tentang keragaman spesies. Kelompok monofiletik umumnya memiliki keragaman genetik yang cukup tinggi dan terstruktur, sehingga kemungkinan mewakili kelompok spesies kompleks (Maholtra & Thorpe, 2004).

Walaupun demikian, kebingungan utama muncul saat pengukuran dan penghitungan sisik-sisik dimana sebagian besar jumlahnya saling tumpang tindih, meski memiliki pola warna (corak) yang berbeda. Kompleksitas ini akibatnya akan membuat beberapa keraguan dalam menentukan dan menguraikan deskripsi saat melakukan pengujian. Kondisi tersebut muncul dalam beberapa spesies dan jika tanpa dukungan pola warna yang standar serta penghitungan atau skalasi secara rinci. Akan tetapi, kondisi ini menurut Bickford dkk.(2006) dapat diselesaikan pemecahan atas kebuntuannya yaitu dengan mengetahui pola penyebaran geografis yang terkait dengan habitat, sehingga dapat berkontribusi untuk menguraikan masalah morfologi yang menjadi kriptik spesies. Sebagai contoh adalah spesies *C. linnaei* yang populasinya sejauh ini diketahui hanya berada di Jawa walaupun menurut literatur ada di Bangka. Beberapa karakter morfologi utama pada spesimen yang akan identifikasi, deskripsi lebih rinci disajikan melalui fisiognomi spesimen.

4.1.1. Dorsal Tubuh

Sisik ular dibentuk oleh diferensiasi dari kulit atau lapisan epidermis. Sisik tidak akan bertambah atau berkurang jumlahnya walau seiring dengan waktu. Namun, sisik mengalami pertumbuhan dalam ukuran dan dapat berubah bentuk ketika proses ecdysis (Lillywhite & Sheehy, 2016). Tampilan yang mencolok pada kepalanya yaitu berukuran relatif pendek, langsung menyatu dengan badannya, bentuknya yang kecil memanjang kecil dan silindris. Seluruh punggung ditutupi dengan sisik berbentuk cycloid yang halus tanpa lunas atau keels. Sisik-sisik ini biasanya memiliki ukuran yang sama, baris sisik vertebral tidak membesar tetapi kadang-kadang sisik vertebral pertama lebih kontras ukurannya dibandingkan sisik yang berdekatan. Deretan sisik memanjang pada punggung atau bagian tengah dorsal disebut sisik vertebral. Seluruh vertebral memiliki ukuran dan bentuk yang sama. Susunan dan perhitungan sisik-sisik merupakan hal penting untuk



taksonomi ular, tidak terkecuali kisaran jumlah baris sisik dorsal. Seluruh spesies dari genus *Calamaria* memiliki sisik dorsal berjumlah 13 baris di sekeliling tubuhnya. Meskipun kepala tidak berbeda dari leher (habitus vermiform), namun kepala merupakan karakteristik yang paling penting dari bagian tubuh lainnya. Kegunaannya adalah untuk membedakan variasi interspesifik dan intraspesifik.

4.1.2. Ventral Tubuh

Variasi intraspesifik terjadi pada perbedaan jumlah sisik-sisik ventral, meskipun kadang-kadang terjadi tumpang tindih dalam jumlah. Perbedaan jumlah ventral menunjukkan bahwa karakter ini biasa digunakan untuk menentukan dimorfisme seksual spesies ular (Mebert, 2011). Perbedaan seksual dari karakter morfologi telah membuktikan bahwa betina memiliki badan yang lebih panjang dan ventral lebih banyak daripada jantan (Inger & Marx, 1965).

4.1.3. Dorsal Kepala

Jika rostral berukuran lebih tinggi dibandingkan lebarnya, maka akan menjorok ke dalam di bagian tengahnya dan bagian atas terlipat ke moncongnya, sehingga tampak jelas terlihat dari atas, apakah lebih luas atau sempit. Sebaliknya, jika rostral memiliki ukuran lebih lebar dari pada tingginya. Ukuran panjang atau pendeknya bagian rostral yang terlihat dari atas, diketahui dengan membandingkannya terhadap batas tengah antar prefrontal (*prefrontal suture*). Prefrontal lebih pendek dari panjang frontal, diukur dengan membandingkan antara panjang *suture* prefrontal dengan panjang frontal yang ditarik pada bagian tengahnya. Pada beberapa spesies *Calamaria*, prefrontal ada yang langsung menyentuh mata, yaitu *C. schlegeli* tetapi ada juga yang tidak langsung kontak dengan mata, seperti *C. linnaei* karena dipisahkan oleh preocular. Dengan demikian, prefrontal menyentuh atau terpisah dengan mata (*orbital*) merupakan salah satu karakter yang dapat dipergunakan untuk identifikasi spesies pada *Calamaria*. Karakter lainnya yaitu, prefrontal menyentuh nasal dan 2 sisik supralabial.

Frontal umumnya berbentuk heksagonal (persegi enam), hanya yang menandakan perbedaan bentuk frontal adalah bagian anterior dan posterior frontal, apakah sudutnya meruncing/tumpul atau lebih mendekati datar (rata) dan seberapa lebar dibandingkan dengan supraocular, dan ukuran panjang atau pendeknya terhadap parietal. Perbandingan ukuran panjang atau pendeknya antara parietal dengan frontal juga menjadi dasar untuk menentukan spesies. Paraparietal dapat dikelilingi oleh 5 sisik terdiri dari 3 sisik dorsal, 1



menyentuh ventral, disebut gular. Kadang-kadang sisik kecil (azygous) menyelip di antara sisik dagu posterior dan memisahkan langsung dengan sisik dagu anterior. Azygous adalah sisik tunggal berukuran lebih kecil atau besar dari gular (Wareham, 2005). Terjadinya azygous dilaporkan sebagai kondisi normal dan posisinya dapat bervariasi, seperti pada internasal ketiga dari *Heterodon* spp. (Dwight, 1983), satu atau dua azygous antara prefrontal dan frontal dari *Pythonodipsas carinata* (Schatti dan McCarthy, 1987) atau dapat berupa sisik tunggal memanjang yang terletak antara prefrontal dari ular laut *Laticauda colubrina* (Leviton et al., 2014). Azygous pada *C. linnaei* merupakan sisik berukuran kecil dan terletak di median antara sisik dagu posterior dan gular pertama.

4.1.6. Ekor

Pada bagian paling akhir ventral adalah sisik anal yang dapat berbentuk utuh tunggal atau terbagi. Sisik ini melindungi anus yang terletak di bagian bawah ekor. Sedangkan bagian paling atas dari ekor biasanya dengan beberapa sisik memanjang yang ukurannya lebih besar daripada bagian pinggir maupun bawahnya. Bagian tubuh setelah anal hingga ke ujungnya disebut sebagai ekor. Bagian bawah ekor terdiri dari sisik yang saling berpasangan atau bersebelahan satu sama lain, dinamakan sebagai subcaudal. Jumlah subcaudal dapat menunjukkan perkiraan jenis kelamin, apakah jantan, biasanya jumlahnya lebih banyak dari pada betina. Bentuk ekor bervariasi tergantung dari spesies. Ujung ekor dapat berbentuk runcing atau tumpul.

4.2. Identifikasi Spesies *Calamaria*

Penelitian ini pelaksanaannya berlangsung secara bertahap melalui kegiatan yang sifatnya inventarisasi, waktu penelitian dilakukan dari tahun 2013 sampai 2015 mulai dari Propinsi-propinsi yaitu: Jawa Timur (Jampit, Kalisat, Sempol, Sukorejo, Gunung Kawi); Lampung (Ngarip), Sumatera Selatan (Warkuk), Jambi (Kayu Aro, Pelompek), Banten (Gunung Pulosari), Jawa Barat (Cimaung, Cibodas), dan Sumatera Utara (Gunung Pangulubao, Samosir, Sibolangit, Berastagi). Spesimen *Calamaria* yang berhasil dikumpulkan terdiri dari 6 spesies dari 32 individu yang terdiri dari yaitu: *C. schlegeli* (12), *C. margaritophora* (1), *C. lumbricoidea* (4), *C. eiselti* (6), *C. linnaei* (4), dan *C. sumatrana* (5). Kombinasi 33 karakter morfologis digunakan untuk mengidentifikasi 21 spesimen *Calamaria* dari lokasi-lokasi penelitian di Jawa dan Sumatera menghasilkan 6 spesies.



4.2.1. *Calamaria schlegeli* Duméril, Bibron & Duméril, 1854

Skalasi. Rostral lebih lebar dibandingkan tinggi, dapat terlihat dari bagian atas dorsal kepala. Prefrontal sedikit lebih pendek dari frontal. Frontal menyentuh pada 2 atau 3 supralabial pertama; bentuknya heksagonal, ukurannya 3-5 kali lebar supraocular, ukurannya sekitar $\frac{3}{4}$ panjang parietal. Parietal $1\frac{1}{2}$ kali panjang prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 5 atau 6 sisik; Nasal lebih besar dari postocular, seukuran dengan besarnya mata. Preocular bisa ada atau tidak ada. Postocular tidak setinggi mata. Diameter mata lebih kecil dari jarak mata ke mulut. 5 supralabial, ketiga dan keempat menyentuh mata, kelima berukuran paling besar, 4 supralabial pertama berukuran hampir sama atau supralabial pertama dan kedua lebih besar dari ketiga dan keempat. Mental berbentuk segitiga, tidak menyentuh sisik anterior dagu (anterior chin shield). 5 infralabial, 3 sisik yang pertama menyentuh sisik anterior dagu. Kedua pasang sisik dagu saling bersentuhan pada garis tengah atau sisik dagu posterior terpisah oleh sisik kecil. Gular ada 3 atau 4 berada memanjang berurutan antara sisik dagu posterior dan ventral pertama. Ventral: jantan 177-182 dan betina 157-184. Subcaudal: jantan 24-25 dan betina 16-24.



Gambar 13. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. schlegeli*



Gambar 14. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. schlegelii*

Warna tubuh. Punggungnya kehitaman atau coklat gelap tapi sisi bawah badannya lebih terang. Sisik di atas baris pertama atau kedua berwarna coklat gelap atau hitam (Gambar 13). Warna kepala bagian atas dan bawah kuning atau bagian atas hitam dan bawahnya kuning. Sisik-sisik badan sebelah bawah (ventral) pada satu atau dua baris pertama berwarna kuning menyala (Gambar 14).

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 148-348 mm dan betina 128-397 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan, 15-34 mm dan betina, 14-52 mm. Perbandingan panjang ekor terhadap panjang total badannya pada yang jantan 0,0840-0,0912 dan betina 0,0740-0,1244.

4.2.2. *Calamaria margaritophora* Bleeker, 1860

Skalasi. Rostral lebih tinggi dari lebar, bagian yang terlihat dari atas (dorsal) kira-kira sama dengan panjang batas antar prefrontal. Prefrontal sekitar $\frac{2}{3}$ panjang frontal, menyentuh 2 supralabial pertama. Frontal berbentuk heksagonal, berukuran 2 kali lebar supraokular, atau sedikit lebih pendek dari parietal. Parietal sekitar satu setengah kali panjang prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 6 sisik. Nasal lebih kecil dari postocular. Preocular dan postocular berukuran tidak setinggi mata. Diameter mata sama panjang atau lebih besar dari jarak mata-mulut. 5 supralabial, ketiga dan keempat yang menyentuh mata, kelima yang paling besar, 4 supralabial pertama besarnya seukuran atau keempat yang



paling pendek. Mental berbentuk segitiga, menyentuh sisik dagu anterior. 5 infralabial, 3 sisik pertama menyentuh sisik dagu anterior. Pasangan sisik-sisik dagu anterior dan posterior saling menyentuh pada batas garis tengah atau tidak saling menyentuh. Gular berjumlah tiga atau empat terletak memanjang di garis tengah antara sisik dagu posterior dan ventral pertama. Ventral: jantan 153. Subcaudal: jantan 18.



Gambar 15. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. margaritophora*

Warna tubuh. Punggungnya kecoklat-coklatan atau coklat gelap, sisik-sisik pada baris pertama dengan serangkaian warna terang yang tipis, atau serangkaian garis hitam terputus-putus yang dibentuk oleh bintik-bintik hitam pada tengah sisiknya (Gambar 15). Pada tengkuknya terdapat garis-garis hitam yang memanjang ke arah bawah tubuhnya. Dorsal kepala berwarna coklat gelap dengan atau tanpa bintik-bintik gelap yang samar. Supralabial berwarna kekuningan kecuali pada margin atas, bawah kepala kekuningan dengan beberapa bintik-bintik kecil warna hitam. Biasanya beberapa bintik-bintik gelap yang sangat kecil tersebar luas di tengah-tengah bagian bawah badannya. Bagian bawah badan hingga ekor berwarna kuning dengan sisik-sisik melintang berwarna coklat tua dan bintik-bintik kuning pada pinggirnya. Ekor terdapat satu atau dua segitiga warna kuning yang letaknya lebih ke sisi lateral (Gambar 16).



Gambar 16. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. margaritophora*

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 266 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan 23 mm. Perbandingan panjang ekor dengan panjang total badan pada jantan 0,0795.

4.2.3. *Calamaria lumbricoidea* Boie, 1827

Skalasi. Rostral lebih lebar dari pada tinggi, bagaian atasnya terlihat lebih panjang dari batas tengah antar prefrontal. Prefrontal ukuran panjangnya sama dengan atau sedikit lebih pendek dari frontal, menyentuh 2 supralabial pertama. Frontal berbentuk heksagonal, 2 kali lebar dari supraocular, dan lebih pendek dari pada parietal. Parietal lebih panjang dari prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 4 atau 5 sisik. Nasal ukurannya lebih kecil dari postocular. Preocular lebih tinggi dari postocular. Postocular biasanya tidak setinggi mata. Diameter mata lebih sama dengan, atau lebih besar dari jarak mata-mulut. 5 supralabial, ketiga dan keempat menyentuh mata, kelima yang paling besar, 4 sisik pertama berukuran setara atau ketiga paling kecil. Mental berbentuk segitiga, menyentuh sisik dagu anterior. 5 infralabial, 3 sisik pertama menyentuh sisik dagu anterior. Kedua pasang sisik dagu anterior maupun posterior biasanya saling bertemu di garis tengah. Gular ada 3 berderetan, di bawah sisik dagu posterior sampai pada ventral pertama. Ventral: jantan, 169-173 dan betina, 187-199. Subcaudals: jantan, 22 dan betina, 17.



Gambar 17. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. lumbricoidea*.

Warna tubuh. Punggungnya berwarna coklat gelap atau hitam dengan atau tanpa adanya garis tebal memanjang berwarna kuning pada lateral tubuhnya (Gambar 17). Biasanya pada individu yang masih muda dengan garis-garis terang melintang yang tipis atau titik putih yang tidak jelas. Bagian kepala pada individu yang masih muda, berwarna kemerah-merahan sedangkan yang telah dewasa berwarna coklat gelap atau hitam. Warna pada sisi bawah badannya berwarna kuning, dengan atau tanpa garis pita berwarna hitam yang melintang (Gambar 18). Warna ventral sangat bervariasi dari yang seluruhnya berwarna kuning polos, belang-belang kuning atau putih dan hitam sampai hampir hitam pekat. Sisik-sisik ventral warna hitam yang melintang pada bagian perutnya berselang-seling dengan yang berwarna putih atau kekuning-kuningan, biasanya 2-4 sisik hitam diselingi 1-2 sisik berwarna kuning, dan berlanjut hingga mendekati anal.



Gambar 18. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. lumbricoidea*

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 154-240 mm dan betina 169-207 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan 13-22 mm dan betina 12 mm. Perbandingan panjang ekor dengan panjang total badan pada jantan 0,0778-0,0839 dan betina 0,0553-0,0662.

4.2.4. *Calamaria eiselti* Inger & Marx, 1965

Skalasi. Rostral lebih lebar dari ukuran tingginya, bagian yang terlihat dari atas lebih pendek dari batas tengah antar prefrontal. Prefrontal ukurannya sama panjang atau lebih pendek dari frontal, menyentuh 2 supralabial pertama. Frontal berbentuk heksagonal, lebih lebar dari pada supraocular, tapi ukurannya lebih pendek $\frac{4}{5}$ kali panjang parietal. Parietal $1\frac{1}{2}$ kali panjang prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 6 sisik. Nasal lebih kecil dari postocular. Preocular dan postocular tidak lebih tinggi dari tingginya mata. Diameter mata sedikit lebih besar dari jarak mata-mulut. 5 supralabial, ketiga dan keempat menyentuh mata, kelima yang terbesar, 4 sisik pertama kurang lebih berukuran sama. Mental berbentuk segitiga, menyentuh sisik dagu anterior. 5 infralabial, 3 sisik pertama menyentuh sisik dagu anterior. Kedua pasang sisik dagu anterior maupun posterior bertemu di garis tengah. Gular ada 3 yang terletak di garis tengah antara sisik dagu

posterior dan ventral pertama. Ventral: jantan, 140 dan betina, 150-154. Subcaudals: jantan, 15 dan betina, 8-10.



Gambar 19. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. eiseltii*

Warna tubuh. Punggungnya berwarna coklat gelap, sisik dorsal halus kadangkala dengan bintik-bintik kecil berwarna kuning atau hitam gelap (Gambar 19). Beberapa baris sisik pertama berwarna kuning terang. Kepala bagian atas berwarna sama dengan tubuh, tanpa ada bercak-bercak. Bagian bawah badannya berwarna kuning terang dengan batas antar anterior sisik ventral memanjang garis berpigmentasi warna hitam atau gelap sepanjang perutnya hingga 2-3 sisik sebelum anal (Gambar 20). Bagian bawah kepala kekuningan dengan bintik-bintik gelap pada batas antar sisik-sisik. Pigmen warna gelap memanjang posterior dan terletak di median ventral kelima sampai kedua belas. Bagian pinggir badannya atau dorsolateral biasanya dengan deretan sisik-sisik dengan bintik putih atau kekuning-kuningan memanjang ke arah posterior dan memisahkan sisik ventral berwarna kuning dengan bagian dorsum (punggungnya). Bagian bawah ekor berwarna dasar kuning dengan garis hitam pada bagian mediannya.



Gambar 20. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. eiselti*

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 201 mm dan betina 322-340 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan 17 mm dan betina 15-20 mm. Perbandingan panjang ekor dengan panjang total badan pada jantan 0,0779 dan betina 0,0422-0,0584.

4.2.5. *Calamaria linnaei* Boie, 1827

Skalasi. Rostral lebih tinggi dari pada lebarnya, bagian yang terlihat dari atas sama dengan panjang batas tengah antar prefrontal. Prefrontals lebih pendek dari frontal, menyentuh 2 supralabial pertama. Frontal berbentuk heksagonal, ukuran lebarnya 2 kali lebar supraocular, atau sama dengan panjang parietal. Parietal lebih panjang dari pada prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 6 sisik. Nasal lebih kecil dari postocular. Preocular tingginya sama dengan tinggi postocular, tetapi lebih lebar satu setengah kali dibandingkan postocular, kedua sisik ocular tidak setinggi mata. diameter mata sama dengan atau sedikit lebih besar dari jarak mata-mulut. 4 supralabial, kedua dan ketiga menyentuh mata, keempat lebih panjang dari supralabial lainnya. Mental berbentuk segitiga, menyentuh sisik dagu anterior. 5 infralabial, 3 sisik pertama menyentuh sisik dagu anterior. Kedua pasang sisik dagu anterior dan posterior bertemu di garis tengah. Gular ada 3, letaknya berderet ditengah diantara sisik dagu posterior dan ventral pertama. Ventral pada jantan, 131-141 dan betina 155-162. Subcaudal pada yang jantan, 17-18 dan betina 11.



Gambar 21. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. linnaei*

Warna tubuh: Punggung dengan warna dasar kecoklat-coklatan sampai hitam. Sebagian besar sisik-sisik dorsal dengan bintik-bintik hitam kecil yang tersebar di seluruh bagian atas tubuh. Bintik-bintik tersebut biasanya bersatu membentuk garis hitam yang tidak begitu jelas. Bagian lateral tubuhnya terdapat garis dorsolateral yang terbentuk dari deretan sisik-sisik yang ditengahnya berwarna putih. Garis dorsolateral tersebut merupakan ciri khas dari spesies ini. Sisi lateral ekor berwarna merah kecoklatan dengan sisik-sisik hitam hingga ke bagian bawahnya. Pada bagian bawah badan berwarna merah terang atau merah kecoklatan dengan variasi pigmen hitam di seluruh bagian ventrumnya. Pigmen hitam dalam jumlahnya bervariasi dan berbentuk persegi atau kotak-kotak sehingga seolah-olah memberikan tampilan menyerupai papan catur. Bagian bawah ekor berwarna merah polos tanpa kotak-kotak hitam atau dengan bercak hitam yang besar. Jika bagian bawah ekor dengan bercak-bercak hitam, jumlahnya bervariasi tergantung kematangan individu dan letaknya hampir menyelimuti setengah pada median ekor.



Gambar 22. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. linnaei*

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 208-249 mm dan betina 257-286 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan 22-27 mm dan betina 12 mm. Perbandingan panjang ekor dengan panjang total badan pada jantan 0,0811-0,1148 dan betina 0,0402-0,0446.

4.2.6. *Calamaria sumatrana* Edeling, 1870

Skalasi. Rostral lebih lebar daripada tingginya, bagian dorsal yang terlihat dari atas panjangnya sama dengan batas tengah antar prefrontal. Prefrontal ukurannya lebih pendek dari frontal, menyentuh 2 supralabial pertama. Frontal bentuknya heksagonal, 1-2 kali lebih lebar dari lebar supraocular, sekitar $\frac{3}{4}$ panjang parietal. Parietal hampir sama dengan panjang prefrontal. Paraparietal dikelilingi oleh 6 sisik. Nasal lebih kecil dari postocular. Preocular dan postocular tidak setinggi atau lebih rendah dari tingginya mata. Diameter mata sama dengan jarak mata-mulut. 5 supralabial, ketiga dan keempat yang menyentuh mata, kelima yang paling besar, 4 supralabial pertama ukurannya sama. Mental berbentuk segitiga, menyentuh sisik dagu anterior. 5 infralabial, 3 sisik pertama menyentuh sisik dagu anterior. Kedua pasang sisik dagu bertemu di garis tengah. Gular ada 3 terletak berderet ke bawah antara sisik dagu posterior dan ventral pertama. Ventral pada yang jantan, 127 dan betina 142-144. Subcaudal pada yang jantan, 16 dan betina 10.



Gambar 23. Bentuk tubuh luar dan bagian dorsum pada *C. sumatrana*

Warna tubuh. Punggungnya berwarna coklat gelap. Sisik-sisiknya halus dengan bintik-bintik terang kekuning-kuningan sepanjang tubuh bagian atas, kadangkala seperti membentuk garis-garis membujur terang hingga ke bagian ekor. Bagian atas kepala coklat dengan bercak hitam tidak jelas. Bagian belakang kepala setelah parietal terdapat areal lebar berwarna hitam dengan tengahnya berwarna kuning tipis atau terang, lebar areal tersebut 5-7 sisik antara kepala dengan cincin kuning. Cincin berwarna kuning melingkari bagian "leher" yang terdiri dari 1-2 baris sisik, cincin tersebut menyambung hingga ke bagian bawah badan. Pada bagian pinggir badan ada garis dorsolateral yang terdiri dari deretan sisik-sisik yang tengahnya berwarna terang, sehingga membentuk garis hingga ke arah anal. Biasanya ada sepasang bintik serupa di dekat ujung ekor. Pigmen gelap tersebut melebar sampai sepertiga bagian atas supralabial dan batas antar supralabial. Bagian bawah kepala kekuningan dengan bintik-bintik gelap pada infralabial anterior dan kedua sisik dagunya. Bagian perut berwarna krem atau kuning, dengan pinggirnya berwarna gelap. Bagian bawah ekor kekuning-kuningan dengan garis pada median berwarna gelap.



Gambar 24. Bagian sebelah bawah dan ventrum pada *C. sumatrana*

Morfometrik. Panjang dari moncong hidung sampai ke celah anal (SVL) pada jantan 150-151 mm dan betina 137-171 mm. Panjang ekor (TaL) pada yang jantan 12-14 mm dan betina 9-11 mm. Perbandingan panjang ekor dengan panjang total badan pada jantan 0,0853-0,1154 dan betina 0,0500-0,0723.

4.3. Analisis Karakter Morfologi

Semua spesies *Calamaria* yang diperiksa memiliki karakter sisik kepala yang sama: 5 infralabial dengan tiga sisik pertamanya menyentuh sisik dagu anterior, ada postocular, tiga gular dan gigi maksila yang termodifikasi. Bila memiliki 4 supralabial, sisik supralabial kedua dan ketiga menyentuh mata. Jika ada 5 supralabial, maka sisik supralabial ketiga dan keempat yang menyentuh mata. Karakter mental menyentuh pada sisik dagu anterior atau dipisahkan oleh pasangan infralabial pertama. Baik preocular maupun postocular pada *Calamaria* masing-masing memiliki satu sisik dan posisi berada di depan (preocular) atau di belakang (postocular) terhadap mata. Pada spesies tertentu hanya memiliki postocular saja atau memiliki keduanya, preocular dan postocular. Namun, jika preocular ada biasanya memiliki ukuran yang kecil. Ada atau tidaknya preocular

menunjukkan keragaman pada tingkat variasi dalam spesies yang sama (intraspesifik).

Spesimen yang diperbandingkan berdasarkan karakter utama untuk membedakan antar spesies *Calamaria* terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakter utama untuk membedakan antar spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera pada penelitian ini. M: jantan, F: betina. PrO = preocular, SL = supralabial, SLE = supralabial menyentuh mata, IL = infralabial, G = gular, Par = parietal, M-ACS = mental menyentuh anterior genial, VEN = ventral, SC = subcaudal, SVL = panjang badan dari moncong mulut sampai celah kloaka, TaL = panjang ekor, TR = rasio panjang ekor dengan panjang total tubuhnya

Species	N	PrO	SL	SLE	IL	G	Par	M-ACS	VEN	SC	SVL (mm)	TaL (mm)	TR
<i>C. linnaei</i>	4	1	4	2+3	5	3	6	1	M (131-141) F (155-162)	M (17-18) F (11)	M (208-249) F (257-286)	M (22-27) F (12)	M (0.0811-0.1148) F (0.0402-0.0446)
<i>C. eiselti</i>	6	1	5	3+4	5	3	6	1	M (140) F (150-154)	M (15) F (8-10)	M (201) F (322-340)	M (17) F (15-20)	M (0.0779) F (0.0422-0.0584)
<i>C. sumatrana</i>	5	1	5	3+4	5	3	6	1	M (127) F (142-144)	M (16) F (10)	M (150-151) F (137-171)	M (12-14) F (9-11)	M (0.0853-0.1154) F (0.0500-0.0723)
<i>C. lumbricoidea</i>	4	1	5	3+4	5	3/4	5	1	M (169-173) F (187-199)	M (22) F (17)	M (154-240) F (169-207)	M (13-22) F (12)	M (0.0778-0.0839) F (0.0553-0.0662)
<i>C. schlegeli</i>	12	0 (1)	5	3+4	5	3/4	6	0	M (177-182) F (157-184)	M (24-25) F (16-24)	M (148-348) F (128-397)	M (15-34) F (14-52)	M (0.0840-0.0912) F (0.0740-0.1244)
<i>C. margaritophora</i>	1	1	5	3+4	5	3	6	1	M (153)	M (18)	M (266)	M (23)	M (0.0795)

Variasi individu baik pada pola dorsal maupun ventral *C. linnaei* dari Jawa sangat bervariasi. Variasi spesifik mungkin umum terjadi pada populasi lokal (Inger & Marx 1965). Penghitungan sisik ventral pertama berdasarkan gular posterior terakhir yang merupakan tiga baris longitudinal dari gular dan ukurannya kira-kira selebar tiga baris jika digabungkan. Kebanyakan jantan ternyata memiliki ventral lebih rendah daripada betina. Jumlah rata-rata sisik ventral *C. sumatrana* yang dikumpulkan di dataran tinggi Sumatera bagian utara, jantan (127) dan betina (142,6) adalah yang terendah daripada spesies lain yang diuji, *C. linnaei* (vs. 136; 158,5), *C. eiselti* (vs. 140; 151,6), *C. lumbricoidea* (vs 171; 193) dan *C. schlegeli* (vs. 179,5; 171,4). Namun, sisik ventral pada betina *C. lumbricoidea* (193) dan jantan *C. schlegeli* (179,5) lebih besar daripada spesies lainnya. Ini membuktikan bahwa dimorfisme seksual dalam jumlah ventral adalah ciri khas pada spesies *Calamaria*.

Dengan demikian, distribusi geografis tidak mempengaruhi jumlah ventral secara signifikan. Banyaknya sisik ventral pada betina tidak sama karakteristiknya pada sisik caudal (ekor), sedangkan semua jantan memiliki lebih banyak subcaudal daripada betina dari semua spesimen yang dikumpulkan. Namun, beberapa spesies ada perbedaan antara



satu sama lain, kebanyakan spesies dalam warna memiliki warna coklat tua dari permukaan dorsal tubuhnya. Sedangkan bagian bawah badannya memiliki variasi warna terutama pada karakter ventral, dari warna yang seragam hingga memiliki tanda unik yaitu kotak-kotak (persegi panjang) atau tanpa tanda spesifik (unicolor). Penandaan ini dapat bervariasi berwarna hitam atau gelap. Enam spesies *Calamaria* yang berhasil diidentifikasi, pola warna bagian ventrumnya amat bervariasi sehingga dapat menentukan identitas spesies.

4.4. Analisis Filogenetik

Studi filogenetik molekuler merupakan suatu rekonstruksi hubungan kekerabatan dengan menggunakan sekuens DNA sebagai unit dasar informasi suatu organisme. Analisis filogenetik dari sekuens DNA tersebut merupakan suatu cara untuk mengetahui hubungan antar organisme dengan adanya perubahan nukleotida-nukleotida menurut waktu, sehingga dapat diduga untuk mempelajari kecepatan evolusi yang terjadi. Pada filogeni secara molekuler, biasanya metode yang umum digunakan meliputi 2 cara yaitu melalui pendekatan karakter-karakter nukleotida yang diuji (*character-state*) dan pengukuran dengan pendekatan jarak (*distance*) jenis-jenis taksa yang dibandingkan. Metode dengan menggunakan karakter nukleotida lebih baik dibandingkan dengan pendekatan jarak, karena data mentah (*raw data*) berupa suatu rangkaian nukleotida-nukleotida (*nucleotide sequence*) sehingga tingkat akurasi dalam membandingkan satu sekuens DNA organisme dengan sekuens DNA yang lainnya tinggi. Akan tetapi hal ini harus didukung dengan jumlah lokasi nukleotida yang bersifat informatif (*informative sites*) yang banyak (Li & Graur, 1991).

Divergensi sekuens mtND4 pada jarak genetik dengan jumlah 616 bp (Tabel 4). Divergensi antara Clade A (spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatra) dan Clade B (*C. septentrionalis* dari daratan Asia (Cina selatan dan Vietnam) berkisar antara 23,0% sampai 25,3%. Sedangkan spesies antar Clade A dari 0,0% menjadi 21,2%. Dan bila jarak genetik *C. septentrionalis* dibandingkan dengan masing-masing spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera maka seperti yang ditunjukkan, 23,0% -23,3% sampai *C. linnaei*, 24,5% -24,8% sampai *C. eiselti*, 24,8% -25,3% sampai *C. sumatrana*, 24,8% -25,2% sampai *C. lumbricoidea*, 24,1% -24,9% sampai *C. schlegeli* dan 22,2% pada *C. margaritophora*.

Kelompok spesies *C. linnaei* meskipun spesimen dikumpulkan dari jarak yang cukup berjauhan di bagian barat Jawa (tiga daerah di pegunungan Pulosari, Cibodas dan

dataran tinggi Cimaung) dan timur (satu wilayah di Sukorejo di dataran tinggi Ijen) di luar dugaan, hubungan mereka saling berdekatan. Populasi Jawa Barat (680-1393 m dpl) tidak berbeda nyata dalam jarak genetik dibandingkan dengan populasi Jawa Timur (883 m dpl). Dua populasi ini memiliki jarak genetik 0,2% - 3,0%. *C. margaritophora* dari Warkuk (1009 m dpl), dataran tinggi danau Ranau di Sumatera bagian selatan ditemukan sebagai spesies simpatik bagi *C. eiselti* dari Provinsi Jambi di Kayu Aro dan Pelompek (1409-1491 m dpl) secara ketat di timur tengah Sumatera. Kedua populasi tersebut memiliki jarak genetik 7,4% - 7,6%. Namun jarak tempuh *C. margaritophora* berbeda nyata bila dibandingkan dengan kelompok spesies *C. linnaei* lainnya (10,4%), *C. eiselti* (7,1%), *C. sumatrana* (15,9% -16,1%), *C. lumbricoidea* (15,3% -15,4%), dan *C. schlegeli* (14,8% -16,9%).

Tabel 4. Sekuens divergensi pada jarak mtND4 pada beberapa spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatra, dimana *C. septentrionalis* adalah dari Asia selatan. Nilai yang ditunjukkan dalam kurung menunjukkan variasi intraspesifik

<i>Calamaria</i>	1	2	3	4	5	6
<i>linnaei</i>	(0.2-3.0)					
<i>eiselti</i>	11.0-12.0	(0.0-0.2)				
<i>sumatrana</i>	18.2-19.1	17.3-17.7	(0.0-0.5)			
<i>lumbricoidea</i>	17.5-19.7	18.2-18.4	18.4-21.2	(0.0-8.4)		
<i>schlegeli</i>	15.7-18.1	16.9-18.6	16.5-20.4	16.2-19.2	(0.0-13.6)	
<i>margaritophora</i>	11.4-12.0	7.4-7.6	18.4-18.6	17.5-17.7	16.8-19.5	
<i>septentrionalis</i>	23.0-23.3	24.5-24.8	24.8-25.3	24.8-25.2	24.1-24.9	22.2

C. sumatrana terlihat seolah adalah kelompok monofiletik terhadap spesies lain seperti *C. linnaei* (18,2% -19,1%), *C. eiselti* (17,3% -17,7%), *C. margaritophora* (18,4% -18,6%), *C. lumbricoidea* (18,4% -21,2%), dan *C. schlegeli* (16,5% -20,4%). Spesies kelompok lain dari *C. schlegeli*, populasi dari Ngarip yang berada di bawah kaki gunung Tanggamus (1258-1341 m dpl) di tepi ujung selatan Sumatra, provinsi Lampung berbeda secara signifikan dengan populasi Jampit dan Kawi di bergunung-gunung (1228-1621 m dpl) di Jawa Timur. Jarak genetik antara dua populasi adalah 10,7% - 12,2%. Kelompok spesies *C. lumbricoidea* dari gunung Pulosari (sekitar 610 m dpl) di bagian barat Jawa memiliki jarak genetik sekitar 7,8% berbeda dari populasi dari Sibolangit dan Berastagi (667-1431 m dpl) di bagian utara Sumatera. *C. schlegeli* dari Sumatera dan Jawa harus ada penelitian lebih lanjut untuk mengetahui identitas spesiesnya. Terlepas dari fakta bahwa jumlah *p-distance* mtND4 yang tidak dikoreksi dalam populasi kelompok memiliki nilai kecil (0,2-2,9% pada *C. linnaei*; 0,0-0,2% pada *C. eiselti*; 0,0-0,5% pada *C. sumatrana*,



dan 0,0-7,8% pada *C. lumbricoidea*), namun jaraknya tidak kecil pada *C. schlegeli* (0,0-12,2%).

4.5. Hubungan filogenetik

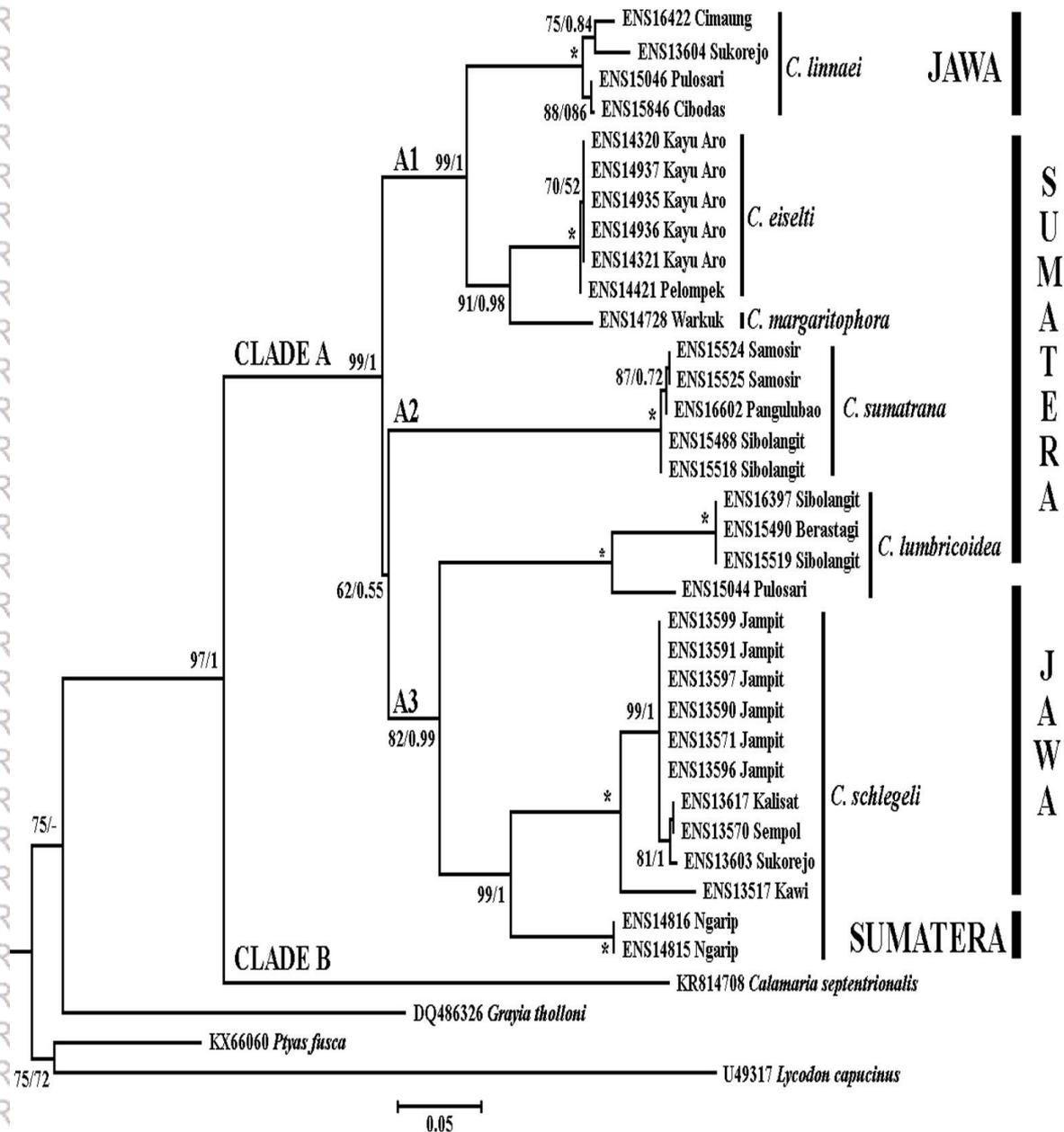
Biogeografi *Calamaria* yang enigmatik dan belum banyak diketahui, dikemukakan pada penelitian ini melalui hubungan filogenetik molekuler terhadap 6 spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera. Pengujian analisis sekuens gen mitokondria NADH dehidrogenase subunit 4 (mt ND4) terhadap 6 spesies *Calamaria* menghasilkan dua *clades* (A dan B) seperti yang ditunjukkan pada pohon ML dengan beberapa *node non-supportive* (Gambar 25).

Informasi yang dihasilkan dari pohon filogenetik di atas dapat diasumsikan sebagai kriteria untuk ambang batas spesies. Dengan demikian dapat disimpulkan dari pohon hubungan filogenetik sebagai berikut:

- (I) Hasil analisis menunjukkan bahwa genus *Calamaria* terbukti sebagai kelompok monofiletik terhadap spesies *outgroup* dari *Grayia tholloni*, *Lycodon capucinus* dan *Ptyas fusca*. Kelompok monofiletik (ML = 97%, BI = 1,00) genus *Calamaria* dibentuk oleh dua *clades*, terdiri dari *clade* A yaitu kelompok campuran spesies *Calamaria* dari Sumatra dan Jawa dan *clade* B adalah spesies *C. septentrionalis* dari daratan Asia di Cina Selatan.
- (II) *Clade* A didukung nilai *bootstrap* hampir penuh (99%, 1,00) dengan terbagi menjadi tiga *subclades* dengan dimana terdapat hubungan filogenetik yang belum terselesaikan. *Subclade* A1 (99%, 1,00), terdiri dari dua kelompok spesies *C. linnaei*, *C. eiselti*, dan *C. margaritophora*. Sedangkan *subclade* A2 (100%, 1,00) hanya ada satu spesies yaitu *C. sumatrana* dan *subclade* A3 (82%, 0,99), terdiri dari dua kelompok spesies *C. lumbricoidea* dan *C. schlegeli*.
- (III) Dalam kelompok spesies *C. linnaei* (100%, 1,00) distribusinya luas di dataran rendah sampai ke dataran tinggi di Jawa. Hal ini diketahui dari dua lokasi pengambilan sampel berbeda, melalui tempat yang jauh dilakukan di tiga lokasi dari Jawa bagian barat (Pulosari, Cibodas dan Cimaung) dan satu dari timur Jawa (Sukorejo). Spesies kelompok kedua *C. eiselti* dari dataran tinggi Sumatera, Pegunungan Bukit Barisan Selatan (Kayu Aro dan Pelompek) di Provinsi Jambi juga didukung penuh *bootstrap* (100%, 1,00). Spesies lain yaitu *C. margaritophora* sebagai spesies yang secara genetis telah terjadi divergensi tunggal. Spesies ini dikoleksi dari Warkuk di dataran

tinggi Danau Ranau pada perbatasan antara Lampung bagian Utara dan Sumatera Selatan sebelah Barat.

(IV) Spesies kelompok *C. sumatrana* berada pada *subclade* A2 yang berasal dari Sibolangit, Pangulubao dan pulau tektonik Samosir. Semua lokasi di tiga dataran tinggi di Sumatera Utara yang didukung penuh nilai (100%; 1,00).



GAMBAR 25. Pohon kekerabatan (ML) menunjukkan hubungan filogenetik *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera. Nilai di atas cabang adalah nilai yang didukung oleh bootstrap, nilai sebelum garis miring untuk nilai ML dan setelah garis miring untuk nilai BI, tanda bintang (*) menunjukkan simpul dengan nilai bootstrap yang penuh untuk ML (100%) dan BI (1.00). Terdapat nilai dengan didukung bootstrap yang hampir sempurna yaitu dalam klade A (100 / 0.99), namun terdapat juga hubungan yang belum terselesaikan



(V) *Subclade* A3 terdiri dari kelompok spesies *C. schlegeli* dan *C. lumbricoidea* (82%, 0.99). Pada kelompok spesies *C. schlegeli* (99%, 1,00) hubungan filogenetik terbagi menjadi dua kelompok populasi yang berasal dari pegunungan tinggi, satu populasi yang berasal dari Ngarpip, di bawah kaki Gunung Tanggamus, Propinsi Lampung dan satu lagi berasal dari dataran tinggi Ijen, Propinsi Jawa Timur (Jampit, Kalisat, Sempol, Sukorejo dan Kawii). Kelompok spesies lainnya dalam *subclade* ini terdiri dari dua populasi *C. lumbricoidea* yang berasal dari Gunung Pulosari di dataran tinggi Pandeglang, Propinsi Banten dan populasi dari dataran tinggi Karo (Sibolangit, dan Berastagi), Propinsi Sumatera Utara (100% dan 1,00).

Pohon filogenetik menunjukkan analisis nilai dukungan yang hampir sepenuhnya terjadi di antara kelompok spesies *Calamaria*. Meskipun variasi intraspesifik baik warna dorsal dan ventral pada spesies kelompok *C. linnaei* sangat bervariasi (Inger & Marx 1965), populasi yang spesimen dari Sukorejo (ENS13604) di Jawa Timur ditemukan bersama dalam satu kelompok dengan populasi Cimaung (ENS16422), Pulosari (ENS15046) dan Cibodas (ENS15846) dari Jawa Barat. Karakter umum dalam kelompok spesies menjadi dasar memasukkannya dalam satu kelompok walaupun memiliki jarak distribusi yang berjauhan. Karakter-karakter tersebut adalah:

Karakter sisik. *C. linnaei* memiliki 4 supralabial, yang ke-2 dan ke-3 menyentuh ke mata. Selain spesies ini di Jawa yang memiliki 4 supralabial yang sama adalah *C. javanica*, *C. loyii loyii* dan *C. loyii wemurthi*. Namun, karakter fundamental yang membedakan dengan tiga spesies terakhir adalah ketiga spesies tersebut tidak memiliki preokular.

Karakter warna tubuh. Tiga infralabial menyentuh perisai dagu anterior. Infralabial pertama dipisahkan oleh mental. Dorsum berwarna coklat gelap atau coklat kopi dengan bintik-bintik hitam yang tersebar di seluruh tubuh. Sepanjang sisi tubuh terdapat deretan sisik-sisik dengan bintik-bintik putih pada sisi dorsolateral yang membatasi antara punggung dan perut. Warna putih krem cerah atau merah krem ditandai dengan pola kotak-kotak hitam pada sisi lateral yang kadang melintang ke kedua sisi. Bagian bawah ekor warna dasarnya mirip dengan ventral dan memiliki jumlah bintik-bintik hitam yang bervariasi. Hanya spesimen dari Sukorejo, Jawa Timur berwarna dasar krem atau lebih gelap dengan banyak variasi bintik hitam.

Kelompok spesies *C. eiselti* dari Pelompek (ENS14421) dan Kayu Aro (ENS14320, ENS14321; ENS14935, ENS14936, ENS14937) yang berasal dari Propinsi Jambi adalah spesies sympatrik bagi *C. margaritophora* (ENS14728) yang berasal dari Warkuk di

perbatasan Lampung Utara dan Sumatra Selatan. *C. eiselti* digambarkan sebagai spesies baru oleh Inger dan Marx (1965) dengan karakter sebagai berikut: lima supralabial yang mana supralabial ke-3 dan ke-4 menyentuh mata, preocular ada, sisik dagu anterior menyentuh mental dan paraparietal yang dikelilingi oleh 6 sisik. Dorsum berwarna coklat gelap di atas, masing-masing sisik dorsal berbintik halus dengan warna kekuning-kuningan dan beberapa sisik berwarna coklat gelap. Namun demikian, ketika diamati spesimen dalam keadaan masih hidup terutama pada bagian bawah warna tubuh *C. eiselti* berbeda dari semua spesies yang dideskripsikannya.

Spesimen hidup *C. eiselti* pada bagian bawah ekor kuning dengan 1 sampai 3 baris sisik warna hitam yang tidak sempurna bentuknya. Keistimewaan khas dari spesies ini dibandingkan yang lain dalam hal ketebalannya, tubuh yang kekar seolah-olah seperti pendekar, berbentuk pendek kekar. Jadi akan mudah dikenali melalui pemeriksaan visual yang cepat. Spesies ini juga merupakan anggota genus *Calamaria* dengan ketebalan tubuhnya yang fantastis.

Spesies kelompok lain seperti *C. sumatrana* terbentuk sebagai kelompok monofiletik yang memiliki karakteristik dengan 1 sampai 2 sisik cincin kuning di belakang kepala.

Meskipun sejarah geologi pembentukan pulau Samosir terjadi karena letusan gunung berapi 75.000 tahun yang lalu (Gibbons, 1993), tetapi spesimen Samosir (ENS15524, ENS15525) dalam *clade* yang sama dengan populasi yang berasal dari daerah daratan sekitar Sibolangit (ENS15518, ENS15488) dan Pangulubao (ENS16602) di Sumatera Utara. Diagnosis untuk spesies ini memiliki 5 supralabial, lima kontak terbesar, ketiga dan keempat ke mata, pertama 4 subsetal; preocular ada. Sisik dagu anterior menyentuh mental. Paraparietal dikelilingi oleh 6 sisik. Dorsum berwarna coklat gelap di atas, masing-masing sisik di atas baris kedua dengan terdapat garis membujur warna gelap yang halus tepat di belakang kepala. Terdapat 5-7 sisik warna hitam yang memisahkan antara cincin kuning dan parietal. Sisik baris pertama dengan warna keputihan ditengahnya membentuk garis memanjang sepanjang sisi tubuhnya. Ventral warna kuning menyala dengan bagian sisi luar lebih gelap. Bagian bawah ekor kekuning-kuningan dengan garis midventral gelap.

C. lumbricoidea adalah spesies *Calamaria* yang paling luas dari daratan Asia di Thailand, Semenanjung Malaya, Filipina dan Indonesia (De Hass 1950; Tweedie 1983). Identifikasi spesies sering mengalami kesulitan untuk dibedakan karena variasi intraspesifik yang tinggi pada spesies ini (Inger & Marx 1965). Data-data morfologi spesimen dari Sumatra Utara di Berastagi (ENS15490), Sibolangit (ENS15519,



ENS16397) dan Pulosari (ENS15044) dari Jawa Barat memiliki karakter yang mirip sehingga dapat meyakinkan bahwa kekhasan dari kelompok spesies ini merujuk pada *C. lumbricoidea*. Diagnosis untuk spesies ini memiliki lima supralabial; supralabial ketiga dan keempat menyentuh ke mata; Diameter mata sama atau sedikit lebih besar dari jarak mata-mulut; preocular dan postocular ada; paraparietal dikelilingi oleh 5 sisik; Sisik dagu anterior menyentuh mental; tiga infralabial pertama menyentuh sisik dagu anterior; warna dorsum hitam atau gelap tanpa garis; bagian bawah tubuh dan ekor biasanya gelap. Pada tepi lateral tubuh, kuning cerah dari dua skala terbentuk sebagai garis membujur sepanjang tubuh. Dahi merah atau merah muda pada remaja dengan warna gelap pada *suture* prefrontal dan frontal atau anterior parietal, kadang-kadang juga di atas rostral berwarna merah, tetapi akan berubah menjadi gelap atau bahkan hitam pada ular yang telah dewasa.

Bagian bawah kepala berwarna kemerah-merahan sampai ke area gular terakhir atau sisik ke-3 hingga ke-4 ventral pertama. Spesimen dari Sumatera bagian utara, anteriornya berwarna putih dengan sedikit bercak hitam di tepi lateral ventral dan posterior memiliki pola berselang-seling antara 1 hingga 2 sisik hitam dan 2 hingga 4 sisik putih kekuningan, kadang-kadang hanya separuh saja sisik-sisik hitam selebar ventral pada tepi ventral. Sedangkan, spesimen dari Jawa Barat, seluruh ventralnya keputihan tanpa garis-garis berselang-seling hitam, hanya bercak hitam halus pada setengah dari bagian ekor sebelah anterior. Walaupun, terdapat perbedaan karakter pada ventral tetapi pohon filogenetik mengelompokkan spesies ini dan dimasukkannya ke dalam *clade* yang sama. Dengan demikian, analisis ini menguatkan dukungan untuk menyetujui pengamatan yang dilakukan oleh Boulenger (1894) dan Inger dan Marx (1965) bahwa mengenai variasi dalam pola warna ventral dapat menentukan spesies.

C. schlegeli diakui sebagai spesies yang berbeda oleh Dumeril dkk. (1854) serta peninjau berikutnya oleh Boulenger (1894) dan De Rooij (1917) atas dasar perbedaan dalam posisi preocular, mental, dan warna kepala. Dalam semua spesimen dari Jawa Timur di Jampit (ENS13571, ENS13590, ENS13591, ENS13596, ENS13597, ENS13599), Kalisat (ENS13617), Sempol (ENS13570), Sukorejo (ENS13603) dan Kawi (ENS13517) prefrontal langsung menyentuh mata. Tetapi berbeda dengan spesimen Sumatera bagian selatan di Ngarip (ENS14815, ENS14816), prefrontal yang dipisahkan dari mata oleh preocular yang kecil. Diagnostik yang berkenaan dengan ada atau tidaknya preocular untuk mengidentifikasi spesies patut dipertanyakan dan masih perlu penelitian lebih lanjut. Namun, spesimen yang dikoleksi memiliki karakter pewarnaan bagian atas tubuh berwarna coklat gelap di atas, bagian bawah kepala dan tenggorokan berwarna kuning ke putih-pucat



(Ngarip, Sumatera bagian selatan) atau kuning dengan perbatasan di antara sisik-sisiknya yang gelap (Jawa Timur). Selain itu, perbedaan yang jelas antara dua populasi ini di bawah tubuh, warna putih-pucat dengan kuning pada sisi dorsolateral (Ngarip) atau dengan pita yang membujur hitam pada setiap ventral yang ukurannya lebar, membentang di sepanjang perut (Jawa timur). Pohon filogenetik juga menunjukkan keterpisahan antara dua populasi dari Sumatera bagian selatan dan Jawa bagian timur. Kemungkinan, pemisahan ini terkait dengan munculnya Sumatra dan Jawa sebagai daratan selama Pliosen (Lohman et al. 2011).

Kemungkinan populasi dari Ngarip di Lampung bagian selatan dianggap sebagai taksa lain yang berbeda, karena pada pohon filogeni jelas diposisikan sebagai kelompok dari *sister taxa* bagi populasi yang berasal dari Jawa Timur. Penempatan filogenetik baru ini paling baik direfleksikan oleh status klasifikasi *C. schlegeli* sebagai spesies yang kompleks dari subfamili *Calamariinae*, mungkin juga pantas diakui sebagai spesies berbeda sejak keaslian subspecies *C. schlegeli schlegeli* memiliki distribusi luas dari Semenanjung Malaya, Sumatera dan Kalimantan yang dipastikan akan berbeda dari subspecies lain yaitu *C. schlegeli cuvieri* yang sampai saat ini diketahui menyebar di Jawa sebelah Timur.

Dengan bantuan analisis molekuler maka perkiraan hubungan filogenetik antara spesies *Calamaria* di Jawa dan Sumatera dapat menunjukkan bahwa peristiwa penyebarannya di wilayah Paparan Sunda (Sundaland) tidak ada korelasi atas distribusinya di Asia. Dan, sebelumnya tidak ada studi molekuler mengenai hubungan kekerabatan antara spesies *Calamaria* dengan analisis molekuler. Data-data karakter morfologi yang dipadukan dengan analisis genetik dan membandingkannya dengan taksa dari genus lain menunjukkan bahwa genus *Calamaria* merupakan kelompok spesies monofiletik. Seperti yang terjadi pada garis keturunan *C. schlegeli* yang berasal dari gunung Tanggamus di Lampung dan dataran tinggi Ijen di Jawa Timur. Sebaliknya *C. schlegeli* Tanggamus lebih dekat dengan *C. virgulata* yang tersebar di dataran tinggi Karo, Sumatera Utara. Hubungan ini kemungkinan, disebabkan jalur penyebaran *Calamaria* Jawa dan Sumatra terputus oleh beberapa penghalang alami, seperti terpisahnya kedua daratan dengan adanya permukaan laut yang naik saat periode glasial. Hal ini terbukti atas memisahkannya pulau-pulau Paparan Sunda di jaman Pleistocene (Mollengraff, 1916; Hall, 1996).

Meskipun analisis ini masih terbatas hanya pada 6 spesies yang berhasil ditemukan dari rentang geografis dalam waktu terbatas. Namun, temuan ini tampaknya memperkuat bahwa tingginya tingkat homoplasi morfologi pada spesies syntopik dari genus *Calamaria*,



memiliki kemungkinan lebih besar untuk meningkatkan jumlah spesies. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperjelas signifikansi masalah kekerabatan dan untuk memahami silsilah *Calamaria* yang misterius sehingga dapat menggambarkan hubungan antar spesies *Calamaria* yang berasal dari Jawa dan Sumatra.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini memberikan beberapa pokok penting yang dapat ditarik baik sebagai kesimpulan maupun saran, sebagai berikut:

Kesimpulan

1. Metode deskriptif diaplikasikan terhadap 32 spesimen *Calamaria* yang diidentifikasi berdasarkan kombinasi 33 karakter morfometrik dan meristik. Karakteristik setiap individu tersebut digunakan sebagai data untuk pengenalan jenis menjadi 6 spesies yaitu *C. schlegeli*, *C. margaritophora*, *C. lumbricoidea*, *C. eiselti*, *C. linnaei* dan *C. sumatrana*.
2. Metode molekuler terhadap DNA mitokondria dari gen NADH dehidrogenase subunit 4 (mtND4) terhadap 32 spesimen *Calamaria* menghasilkan 616 bp sekuens parsial. Analisis filogenetik berupa pohon filogeni sebagai estimasi rekonstruksi hubungan kekerabatannya terhadap 3 spesies *outgroup* menyatakan bahwa *Calamaria* adalah genus monofiletik.
3. Metode jarak genetik digunakan untuk mendapatkan data orisinil dari posisi setiap kelompok spesies *Calamaria* pada pohon filogeni. Pada kelompok *C. linnaei* dari Jawa walaupun menyebar berjauhan namun masih berkerabat dekat (0.2-3.0%), *C. eiselti* dari Jambi dan *C. margaritophora* dari Sumatera Selatan masih dalam satu rumpun (7.4-7.6%), *C. sumatrana* dari Sumatera Utara adalah monotipik spesies yang berbeda dengan spesies *Calamaria* lainnya (16.5-19.1%), *C. lumbricoidea* dari Jawa dan Sumatera saling terpisah (0.0-8.4%), dan *C. schlegeli* dari Jawa Timur dan Lampung terpisah jauh (0.0-13.6%).
4. Topologi pohon filogeni menghasilkan 2 kelompok takson utama yang memisahkan kelompok spesies *Calamaria* dari Jawa dan Sumatera dengan daratan Asia. Analisis metode *bootstrap* dengan *maximum likelihood* dan *Bayesian Inference* (ML; BI) digunakan untuk menguji validitas kelompok spesies *Calamaria*. *C. linnaei* dari Jawa dengan dukungan *bootstrap* nilai sempurna (100%; 1.00); *C. eiselti* dari Jambi dan *C. margaritophora* dari Sumatera Selatan yang berkerabat didukung *bootstrap* mendekati nilai hampir sempurna (91%; 0.98). Nilai *bootstrap* sempurna (100%; 1.00) terdapat pada *C. sumatrana* dari Sumatera Utara nilai dan kelompok *C. lumbricoidea* dari Jawa dan Sumatera. Kelompok *C. schlegeli* dari Jawa Timur dan Lampung yang saling terpisah dengan dukungan *bootstrap* mendekati nilai sempurna (99%; 1.00).



5. Hubungan kekerabatan antar populasi kelompok spesies *Calamaria* pada dataran tinggi di Jawa dan Sumatera, secara genetik memiliki kecenderungan saling terpisahkan. Hal ini disebabkan oleh tingkat homoplasi morfologi yang tinggi, sehingga kemungkinan besar pula akan meningkatkan jumlah spesies akibat munculnya spesies yang berbeda.

Saran

1. Analisis molekuler lebih lanjut melalui beberapa penanda gen lain diperlukan untuk mengetahui mekanisme spesiasi dalam penyebaran spesies *Calamaria*.
2. Penelitian di bidang ekologi sangat diperlukan sebagai upaya untuk mendapatkan data pendukung dalam hal penyebaran geografis yang dapat memaparkan secara lebih mendalam mengenai mikrohabitat spesies *Calamaria*.
3. Diperlukan suatu usaha peran kearifan lokal terhadap konservasi *Calamaria* dengan menjaga kelestarian mikrohabitat tanah, mengingat spesies ini memiliki kebiasaan hidup secara *fossorial* dan merupakan predator puncak dalam rantai makanan pada relung ekologi yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Barden, A.A. 1941. Distribution of The Families of Birds. *Auk*. 58(10): 543-557.
- BIG, 2013. **Laporan tahunan Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai (PPKLP) 2013**. Badan Informasi Geospasial. Bogor.
- Boie, F. 1827. **Bemerkungen über Merrem's Versuch eines Systems der Amphibien**. *Isis Jena* 20(6):508-566.
- Boulenger, G.A. 1894. **Catalogue of the Snakes in the British Museum (Natural History)**. Volume II, London.
- Carstensen, D.W., B. Dalsgaard, J. Svenning, C.Rahbek, J. Fjeldsa, W. J. Sutherland & J.M. Olesen. 2012. Biogeographical modules and island roles: a comparison of Wallacea and the West Indies. *Journal of Biogeography*. 39, 739–749.
- CBD. 1992. United Nations Convention on Biological Diversity, June 5, 1992, 31 ILM 818. Mexico.
- Das, I. 2010. **A Field Guide To The Reptiles of South-East Asia**. New Holland Publishers (UK). London.
- De Haas, C.P.J. 1950. Checklist of the snake of the Indo-Australian Archipelago (Reptiles, Ophidia). *Treubia*. 20(3):511–525.
- De Rooij, N. 1913. Praeda itineris a L. F. de Beaufort in Archipelago indico facti annis 1909–1910. III. Reptilien. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 19, 15–29.
- De Rooij, N. 1915. **The reptiles of the Indo-Australian Archipelago I: Lacertilia, Chelonia, Emydosauria**. EJ Brill. Netherland, Leiden.
- De Rooij, N. 1917. **The reptiles of the Indo-Australian Archipelago II: Ophidia**. Leiden, Netherland: EJ Brill.
- Duméril, A.M.C., G. Bibron & A.H.A. Duméril. 1854. **Erpétologie générale ou Histoire Naturelle complète des Reptiles**. Librairie Encyclopedique de Roret. France, Paris.
- Gray, J.E. 1834. **Illustrations of Indian Zoology**. London: Major-General Hardwicke.
- Grismer, L.L., H. Kaiser, & N.S. Yaakob, N.S. 2004. A new species of reed snake of the genus *calamaria* H. Boie, 1827, from pulau Tioman, Pahang, West Malaysia. *Hamadryad*. 28(1-2):1-6.
- Groombridge, B. 1992. **Global Biodiversity Status of the Earth's Living Resources**. A Report compiled by the World Conservation Monitoring Centre. Chapman & Hall. London. Pp. 624.
- Günther, A.C.L.G. 1872. On the reptiles and amphibians of Borneo. *Proc. zool. Soc. Lond*, 586-600.
- Hall, R. & C.K. Morley. 2004. Sunda Basins. *Geophysical Monograph Series*. 149:55-85.
- Hall, R. 2011. Australia-SE Asia collision plate tectonics and crustal flow. dalam Hall R., M.A. Cottam, M.E.J. Wilson (editors): *The SE Asian Gateway: History and Tectonics of the Australia-Asia Collision*. *The Geological Society of London*. Special publication 355:75-109.
- Hall, R. 2013. The palaeogeography of Sundaland and Wallacea since the Late Jurassic. *J. Limnol*. 72(s2):1-17.
- Hanebuth, T.J.J., K. Stattegger, & A. Bojanowski. 2000. Termination of the last Glacial Maximum sea-level lowstand The Sunda-Shelf data revisited. *Global and Planetary Change*. 66:76–84.
- Hartono, B.T. 2016. **Dilema Pemilikan Keanekaragaman Hayati dan Orkestrasi Konservasi Tumbuhan Hutan**. Forda Press. Bogor. 90.
- Haryanto, A. 2015. Faktor Geografis Dan Konsepsi Peran Nasional Sebagai Sumber Politik Luar Negeri Indonesia. *Jurnal Hubungan Internasional*. Vol. 4 (2: Oktober).



Hernandez-Ruedas, M.A., V.A. Rodriguez, J.A. Meave, M.M. Ramos, G.Ibarra-Manríquez, E. Martinez, G. Jamangape, F.P. L. Melo, & B.A. Santos. 2014. Conserving Tropical Tree Diversity and Forest Structure: The Value of Small Rainforest Patches in Moderately-Managed Landscapes. *PLOS ONE*. Vol.9, Issue 6.

Hodges, R. 1993. Snakes of Java with special reference to east java province. *Bulletin The British Herpetological Society*. 43:25-32.

Holm, P.A. 2008. **Phylogenetic Biology of The Burrowing Snake Tribe Sonorini (Colubridae)**. Disertation, Depart. of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona, USA. 242.

Howard, S.D. & G.R. Gillespie. 2007. Two New Calamaria (Serpentes) Species from Sulawesi, Indonesia. *Journal of Herpetology*. 41(2):237-242.

Huggett, R.J. 2004. **Fundamentals of Biogeography** (Second edition). Taylor & Francis e-Library, New York. Pp. 456.

IBSAP. 2016. **Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan 2015-2020**. Bappenas, Jakarta.

Inger, R.F. & Marx, H. 1962. Variation of Hemipenis and Cloaca in the Colubrid Snake *Calamaria lumbricoidea*. *Systematic Zoology*, Vol. 11 (1): 32-38.

Inger, R.F. & Marx, H. 1965. The systematics and evolution of the oriental colubrid snakes of the genus *Calamaria*. *Fieldiana Zoology*. 49:1-304.

Iskandar, D.T. & E. Colijn. 2002. **Preliminary Checklist of South East Asian and New Guinean Reptiles I. Snakes**. Binamitra. Jakarta.

Keong, C.Y. 2015. Sustainable Resource Management and Ecological Conservation of Mega-Biodiversity: The Southeast Asian Big-3 Reality. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 6, (11:11).

Koch, A., E.A. Arida, J.A. Mcguire, D.T. Iskandar & W. Böhme. 2009. A new species of *Calamaria* (Squamata: Colubridae) similar to *C. Ceramensis* de Rooij, 1913, from the Banggai Islands, east of Sulawesi, Indonesia. *Zootaxa*. 2196:19–30.

Kopstein, F. 1941. Uber Sexualdimorphismus bei malaiischen Schlangen. *Temminckia*. 6:109-185.

Lasabuda, R. 2013. Tinjauan Teoritis. Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol. I-2(1).

Lochman, D.J., M. de Bruyn, T. Page, K. von Rintelen, R. Hall, P. K.L. Ng, H. Shih, G. R. Carvalho, & T. von Rintelen. 2011. Biogeography of the Indo-Australian Archipelago. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 42:205–26.

Lydekker, R. 1896. **A Hand-book to the Carnivora, Part I. Cats, Civets, and Mongooses**. Edward Lloyd, Limited: London.

Mallet, J., A. Meyer, P. Nosil & Feder, J.L. 2009. Space, Sympatri and Speciation. *J. Evol. Biol.* 22:2332-2341.

Mayr, E. 1970. **Populations, Species, and Evolution**. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.

Marx, H. & R.F. Inger. 1955. Notes on Snakes of the Genus *Calamaria*. *Fieldiana Zoology*. 37:167–209.

McNeely, J.A., K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeier, & T.B. Werner. 1990. **Conserving The World's Biological Diversity**. Gland, Switzerland: IUCN-NC.

MEA. 2005. **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis**. World Resources Institute. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC.

Mittermeier, R.A. & T.B. Werner. 1990. Wealth of plants and animals unites "Megadiversity" countries. *Tropicus* 4(1):1, 4-5.



- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, T. M. Brooks, J. D. Pilgrim, W. R. Konstant, G.A.B. da Fonseca, & C. Kormos. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 100:10309–10313.
- Morley, R.J. & J.R. Flenley. 1987. **Late Cenozoic vegetational and environmental changes in the Malay Archipelago.** dalam Whitmore, T.C. (editor): **Biogeographic Evolution of the Malay Archipelago.** 50-59. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.
- Nguyen, Q.T., A. Koch & T. Ziegler. 2009. A new species of reed snake, *Calamaria Boie*, 1827 (Squamata: Colubridae), from central Vietnam. *Hamadryad*. 34(1):1-8.
- Orlov, N.L., T.Q. Nguyen, T.T. Nguyen, N.B. Ananjeva & C.T. Ho. 2010. A new species of the genus *Calamaria* (Squamata: Ophidia: Colubridae) from thua thien-hue province, Vietnam. *Russian Journal of Herpetology*. 17(3):236–242.
- Persoon, G. & M. Weerd. 2006. Biodiversity and natural resource management in insular southeast Asia. *Island Studies Journal*. 1 (1): 81-108.
- Pope, C.H. 1935. Reptiles of China. *Nat. Hist. Central Asia*. 10:27-34.
- Pyron, R.A., F.T. Burbrink, G.R. Colli, A.N.M. de Oca, L.J. Vitt, C.A. Kuczynski & J.J. Wiens. 2011. The phylogeny of advanced snakes (Colubroidea), with discovery of a new subfamily and comparison of support methods for likelihood trees. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2:231-245.
- Pyron, R. A., F.T. Burbrink, & J.J. Wiens. 2013. A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. *BMC Evolutionary Biology*. 13:93.
- Shi, H., A. Singh., S. Kant., Z. Zhu., & E. Waller. 2005. Integrating Habitat Status, Human Population Pressure, and Protection Status into Biodiversity Conservation Priority Setting. *Conservation Biology*. Volume 19 (4:8).
- Smith, M. A. 1930. The Reptilia and Amphibia of the Malay Peninsula. *Bull. Raffles Mus*. 3:149.
- Taylor, E. H. 1922. The snakes of the Philippine Islands. *Phil. Bur. Sci. Monogr*. 16:312.
- Taylor, E. H. 1962. New Oriental reptiles. *Kansas Univ. Sci. Bull*. 43:209-263.
- Thompson, J.D., S. Lavergne, L. Affre, M. Gaudeul & M. Debussche. 2005. Ecological differentiation of Mediterranean endemic plants. *Taxon* 54 (4) • November 2005: 967–976.
- Turelli, M. N.H. Barton, & J.A. Coyne. 2001. **Theory and speciation.** *Trends in Ecology & Evolution*. Vol.16 No.7.
- Turner, H., P. Hovenkamp, & P. C. van Welzen. 2007. Biogeography of Southeast Asia and the West Pacific. *Journal of Biogeography*, 28, 217:230.
- Tweedie, M. W. F. 1983. Notes on Malayan reptiles. *Bull. Raffles Mus*. 2(23):191-199.
- Uetz, P. & J. Hallermann. 2017. The Reptile Database (online). Zoological Museum Hamburg. www.reptile-database.org. Diakses 12 Pebruari 2017.
- UNCLOS. 1982. **United Nations Convention on the Law of the Sea.** Secretary General of the United Nations. Montego Bay, Jamaica.
- UNCTAD. 2014. **The Convention on Biological Diversity and the Nagoya Protocol: Intellectual Property Implications.** United Nations Conference on Trade and Development. Geneva, Switzerland.
- UNEP-WCMC. 2014. **Protected Planet Report 2014.** Tracking progress towards global targets for protected areas. The United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, UK.



Van Wallach, Kenneth L.W., Jeff B. 2014. **Snakes of the World: A Catalogue of Living and Extinct Species**. CRC Press. London.

Wallace, A.R. 1860. **Geography of the Malay Archipelago**. The Malay Archipelago. The University of Adelaide Library. Adelaide.

Weber, M.M.C. 1902. **Introduction et description de l'expédition, I. Siboga-expédition**. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. Amsterdam.

Wiens, J.J. & M.J. Donoghue. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol.19 (12).

Zheng, Y. & J.J. Wiens. 2015. Combining phylogenomic and supermatrix approaches, and a time-calibrated phylogeny for squamate reptiles (lizards and snakes) based on 52 genes and 4162 species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 23: 1-11.

Ziegler, T. & K.Q. Le. 2005. A new species of reed snake, *Calamaria* (Squamata: Colubridae), from the Central Truong Son (Annamite mountain range), Vietnam. *Zootaxa*. 1042:27-38.

Ziegler, T., N. Van Sang, & N.Q. Truong. 2008. A New Reed Snake of the Genus *Calamaria* Boie (Squamata Colubridae) from Vietnam. *Current Herpetology*. 27(2):71-80.

plagiarism-detector

Cutting-edge class tool for plagiarism detection and prevention

18.0111 D



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor: 1446/JUN10.F40/PN/2018

Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama : Irvan
 NIM : 137090100111014
 Program Studi : Program Doktor Biologi
 Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Universitas : Universitas Brawijaya

Dengan Judul Disertasi

Biogeografi dan Sistematika Ular Surapari, *Calamaria* (Serpentes: Colubridae) pada Dataran Tinggi Jawa dan Sumatera.

Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal **2 Juli 2018** dan dinyatakan **bebas plagiasi** dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$.



Prof. Dr. Abdul Hakim, M.Si
NIP. 19610202 198503 1 006

Malang, 2 Juli 2018

Ketua Badan Penerbitan Jurnal

[Handwritten signature]

Lukman Hakim, S.Si, M.Sc, Dr.Sc
NIP. 19820412 200312 1 002



The Linnaeus's Reed Snake, *Calamaria linnaei* Boie (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Ijen Plateau, East Java, Indonesia

Irvan Sidik^{1,2*}, Sutiman B. Sumitro¹, Nia Kurniawan¹

¹ Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Brawijaya, Indonesia

² Laboratory of Herpetology, Zoology Division, Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences – LIPI, Cibinong, Indonesia

Email address: i_sidik@yahoo.com

KEYWORDS

Calamaria
Biogeography
Morphology
Snake
Taxonomy

Abstract The decisive morphological character of *Calamaria linnaei* from the Ijen plateau was analyzed in an attempt to evaluate these snakes independently achieved as different populations or whether more likely only cryptic species affected by natural conditions. The evidence was concluded that a cryptic species is very interesting to be regarded as something entirely different. In general, however, the population appears to have more closely related to other congeners populations of the same species. It is suggested that at least temporarily, the *C. linnaei* population of the Ijen plateau be specifically considered to include in species with high individual variations based on limited geographic boundaries until molecular analysis proves it.

Introduction

The reed snake genus *Calamaria* have shared with neighboring countries through their distribution in biogeography zone. The highest country for species diversity of *Calamaria* in the world is Indonesia that representing with 41 species (<http://www.reptile-database.org>.) One's member of this genus is Linnaeus's reed snake (*Calamaria linnaei*) with limited zoogeographic distribution, until now so far the species is definitively known for certain on Java (Iskandar and Colijn, 2001). Several localities outside of Java such as Bangka have never been reconfirmed, and some specimens were collected from Borneo which been reported as *C. linnaei* mentioned Rooij (Rooij, 1917) and specimen collection by Meyer (Boulenger, 1894) in the locality from Sulawesi is very doubtful (Inger and Marx, 1965). However, this species is known to have a high diversity of morphological characters and seems showed considerable intraspecific variation. This circumstance firstly

was knew by Dumeril, Bibron and Dumeril in their book of the *Erpétologie générale ou Histoire Naturelle complète des Reptiles* in 1894 (Duméril et al., 1894). They had separated *C. linnaei* into several categories of body coloration after examined of live and preserved specimens. Over the century later, when Inger and Marx were observed *C. linnaei* especially from Cikajang, west of Java on the collections of the Rijksmuseum van Natuurlijke Historie (now under the name of Naturalis Biodiversity Center) Leiden, subsequently after examined dozens of an old specimen, they realized that this species had diverse morphological variations. Thereafter, they were able to establish the peculiarities of *C. linnaei* which was once named into several names as distinct species.

C. linnaei is a monophyletic species that has a complicated history of the systematic and evolution (Inger and Marx, 1965). In the attempt to recognize the morphology diversity of *C. linnaei* as systematically, they also displaced

status of several name species which were described from Java as synonyms, such as described by Reinwardt (*C. multipunctata*, *C. maculosa*, *C. reticulata*), others species such as, *C. versicolor* (Ranzani), *C. brevis* (Boulenger), *C. sondaica* (Barbour), *Changulia multipunctata* (Mertens) and several variations species of *C. linnaei* by Jan, namely as *C. linnaei* var. *tessellata*, *C. l.* var. *bilineata*, *C. l.* var. *transversalis*, *C. l.* var. *contaminata*, and *C. l.* var. *rhomboides*. However, only one species has raised status from variety species of *C. linnaei* var. *melanota* by Jan become to species of *C. melanota*. This notation assumes that *C. linnaei* is a polymorphic may manifest as single species although originated from different locations in Java.

The morphological examination of the identified specimen that has resembled character will present an obvious picture of the diversity of this species. Moreover, a monophyletic group contain considerable genetic diversity and substructure, and may also represent species complexes (Maholtra and Thorpe, 2004). Nevertheless, significant confusion arises when measurement and scaling which mostly overlapping in number, despite having different color patterns. This complexity, in consequence, will give some doubt to researchers in determining descriptions while performing the examination. The condition emerges in case if without the support of the standard color patterns and details of the scalation. However, the geographical discovery of habitat-related dispersal patterns can contribute decipher the morphological problems of cryptic (Bickford et al., 2006) as occurs in this species. Nevertheless, we have examined as many characters as possible and analyzed, apparently the population of the Ijen plateau considers to be treated as isolated populations. The different amounts of morphological characters and color pattern somehow still require the further support of molecular analyses

to revealed in ensuring the identification of its lineages.

Materials and methods

The present paper is based on morphological data from the well-preserved specimen of *C. linnaei* from the Museum Zoologicum Bogoriense in Cibinong, Indonesia. Comparisons of external character states are based both on original descriptions, pertinent literature, and examination of museum specimens. We used terminology for morphological characters, scale counts and color pattern variations follow Duméril et al. (1854), Inger and Marx (1965), and other defined characters adapted from Orlov et al. (2010). The following measurements in mm (morphometric) and scale counts (meristic) were taken and abbreviated as follows: TL: total length; Tail: tail length from vent to tip; and TR: tail ratio: tail/total length. Other measurements were made with a dial caliper to the nearest 0.1 mm and used to calculate shield ratios: R: rostral width to height; RPF: rostral to the length of prefrontal suture; PFF: prefrontal to frontal length; FSu: width of frontal to supraocular; FP: frontal to parietal length. The qualitative of meristic characters: First scale of vertebral to others; Pro to Pto: height of preoculars to postoculars; Pto: dimension, width to height of postocular; SL: number of supralabials, composition and size; EMO: eye diameter to eye-mouth distance; Color pattern of first scale rows: Ven: number of ventral scale; SC: number of subcaudal scales; Dorsal color pattern; Ventral black marking; Tail color pattern both dorsum and underside. Due to insufficient data from central and eastern of Java, we refer the literature based on the observation by Inger and Marx (1965). The morphological characters this species has varied considerably, total 124 specimens have examined from 21 localities of four provinces that covering various specimens were collected in Java. We also performed a

Sidiq, J. et al. The Linnaeus's Reed Snake, *Calamaria*

comparison for further convincing to the type specimens, both species of reference as holotypes and other type specimens as synonymous which deposited on Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Netherlands and Natural History Museum, London, UK. Specimens examined are listed in Appendix I and museum label abbreviations in Appendix II.

Results and discussion

Specimen description

The defining morphological characters of *C. linnaei* from Ijen plateau was analyzed in an attempt to confirm these specimens independently as distinguished populations or whether is more likely only a cryptic species. The

examined specimens are the old collections of MZB.Ophi.4792 and 4795-98 (5 adults) were collected by H. Lucht, January 1921 from the Ijen Plateau, Banyuwangi, East Java, Indonesia with an altitude range of about 950 - 1100 m (Figure 1). As is well known *C. linnaei* has a wide variety of morphologies. Therefore we described the differences by comparing of the Ijen specimens with *C. linnaei* from other regions of Java. We also incorporated several morphological characters on the subject related to the identification, because the specimens conform with almost all of the diagnostic characters into *C. linnaei*. The more detailed of the description presented through the physiognomy of the specimens, such as:

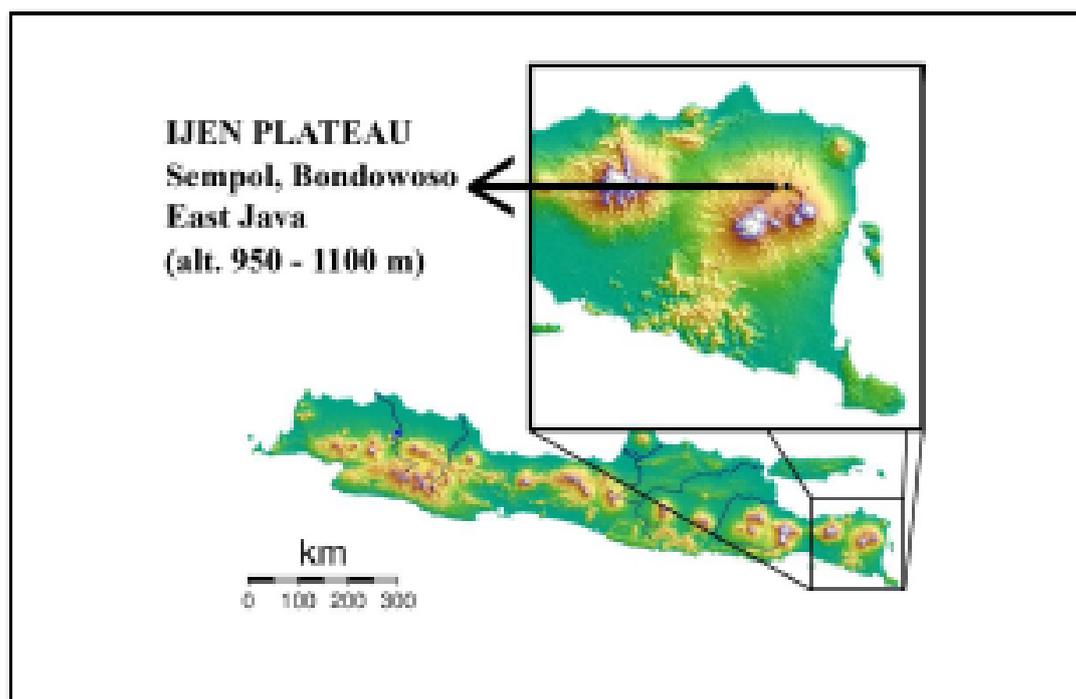


Figure 1. The location of the specimen (n = 5) was collected in the Ijen mountains, Bondowoso, East Java, Indonesia. As shown on the black dot.

Dorsal of body. The snake scales are formed by the differentiation of underlying skin or epidermis. Scales do not increase in number as for become mature nor reduce in number over time. The scales, however, grow larger and may change shape when ecdysis process. The prominent display as visible from above that is a short head with the same size as the neck, its body elongated small and cylindrical. The entire dorsal covered with smooth cycloid-shaped scales without apical

pits or keels. The scales usually have uniform size, vertebral scale row not enlarged but sometimes the first vertebral illustrates slightly contrast in measure than others. Along the row of the uppermost scales on dorsal of the body called vertebral scales. The entire vertebral are of the same in size and similar shape. Arrangements of scales are essential for taxonomic, no exception on the range number of dorsal scale rows. The Ijen specimens like common other species of the genus *Colamaria* has a dorsal scale on 13 rows around its the body. Although of head undistinguished from neck (*habitus vermiform*), however, head scales are essential characteristic features than another part of the body to distinguish interspecific as well intraspecific variations. Nine to ten modified maxillary teeth.

Ventral of the body. Intraspecific variations occurred in differences number of ventral and subcaudal from specimens examined. The Ijen specimens were compared to westward, central and eastward of Java are distinctly showed the differences numbers of ventral between males and females, although sometimes occurred overlapping in number, as follows: in males: 148 - 158 vs. 133 - 147 (westward); vs. 134 - 146 (central); vs. 140 - 149 (eastward) and females: 168 - 175 vs. 148 - 161 (westward); vs. 150 - 164

(central); 156 - 167 (eastward). The discrepancies in the number of ventrals indicate that this character is often used to determine the sexual dimorphism of snake species (Mebert, 2011). Comparison of subcaudal both in male and female between Ijen and other Javanese populations as follows, males, 16 - 19 vs. 15 - 19 (westward), vs. 17 - 22 (central), vs. 16 - 21 (eastward) and females, 8 - 12 vs. 7 - 12 (westward), vs. 9 - 13 (central), vs. 10 - 11 (eastward). Whereas the comparison of both sexes between Ijen and the population of *C. linnaei* originating from other regions in Java in terms of the mean (in mm) ratio of the tail to the total length, as follow: males, 0.0854 vs. 0.0863 (westward), vs. 0.0824 (central), vs. 0.0855 (eastward); females: 0.0432 vs. 0.0431 (westward), vs. 0.0414 (central), vs. 0.0432 (eastward). A small number of differences in subcaudals and ratio of tail to total length indicate intraspecific variations are occurring in local geography due to broad overlapping areas (Inger and Marx, 1965). The sexual difference of the morphological characters has proved that males have a longer tail and more subcaudal than females, on the contrary in a number of ventral, females have more than males (Table 1).

Table 1. Comparison of ventral, subcaudals and ratio tail to the total length between the population of *C. linnaei* from three regionals in Java and Ijen specimens. Abbreviations: M = male, F = female, Mean tail - total length in mm.

Regions in Java	Samples	Ventrals		Subcaudals		Mean tail - total length	
		M	F	M	F	M	F
Westward	66	133 - 147	148 - 161	15 - 19	7 - 12	0.0863	0.0431
Central	34	134 - 146	150 - 164	17 - 22	9 - 13	0.0824	0.0414
Eastward	19	140 - 149	156 - 167	16 - 21	10 - 11	0.0855	0.0426
Ijen plateau	5	145 - 158	168 - 175	16 - 19	8 - 12	0.0854	0.0432

Dorsum of head (Figure 2a): Rostral higher than its width, indented inside on the middle, the upper part is folded up to the muzzle, making it visible from above, equal to or slightly less than the length of prefrontal suture. Prefrontal shorter than frontal length, separated from orbit by preocular, touching to nasal and first two supralabials. Frontal hexagonal, an obtuse angle in front and a sharp rear, longer than wide, measured at the widest part is one and a half times wider than the supraocular and about shorter than length of parietal. Parietal about one and half times than prefrontal. Behind the middle curve of parietal is attached a large scale, elongated-cycloid form, surrounding by six scales and shields, it is named para parietal. The para parietal is touching to four dorsal scales, fifth supralabial and parietal.



Figure 2a. Dorsum of head the Ijen specimen.

Lateral of head (Figure 2b): Mouth is narrower not as wide as most other colubrids, and its gap to nape of neck. Nasal undivided with penetrating about the middle of the plate, oval shape and smaller than postocular. Preocular present, conical, less height than postocular. Postocular single, dimensions are comparing width and height: equal. Both oculars are not as high as the diameter of the eye. Eye located in the anterior third of the head, pupil rounded, small size compared to the height of the head. The diameter of eye less than eye to mouth distance. Supralabials are four; first longer than third, second and third entering orbit, fourth longest and largest; 4 (4 > 2 > 1 > 3). Infralabials are five, first scales pair not touching each other

unobstructed by mental plate, first two touching anterior genial, third contact both genial, fourth the largest, fifth about equal to second.



Figure 2b. Lateral of head the Ijen specimen.

Venter of head (Figure 2c): On the underside of head located in anterior is triangular-shaped scale called the mental, which connected to first infralabials and stuck slightly into the gap between a pair of anterior genial. Afterward are successive two pairs of anterior and posterior genial. Both pairs lies in the central of throat region, which inner side of the anterior genial are entirely meeting in mental groove. The anterior genial more large than posterior and meeting each in the mental groove. Posterior genial usually only anterior half part is touching in the midline of mental groove. Three scales in series down the central region of throat on longitudinal line which touching directly to the posterior genial and ending with contact on the first ventral, are called gular. Sometimes a small scale (an azygous) is tucked between posterior genial that separates it and touch directly to anterior genial. Azygous occurred as single scale but also can an enlarge form of scale (Wareham, 2005). The occurrence of azygous scale was reported as the normal condition and position can be vary, on third of internasals in the hognose snakes (*Heterodon* spp.) (Dwight, 1983), may one or two small azygous shield between prefrontals and frontal in western keeled snake (*Pythonodipsas carinata*) (Schatti and McCarthy, 1987) or moderately of elongated single scale located between prefrontals in colubrine sea krait (*Laticauda colubrina*) (Leviton et al., 2014), which the presence or absence of this azygous scale can

Between each crossband are bordered by three to eight dark brown scales on the vertebral line. The row of interrupted dark lines formed by black scales are present just behind the head. The fifth supralabial is half dark, remainder mostly dark on supralabial and infralabial sutures. Sometimes upper margin of supralabials resembles as a black stripe extending from snout to nape. The underside of head creamy or light with dark spots, especially in front of anterior genial; The light scales on the lateral behind of head appear like form a triangular shape. On the first scales row of the body with white spots consecutively forming as a dorsolateral lengthwise stripe which will reduce rearward before the anal plate. A single anal plate, with dark spots or entirely black. Subcaudals are paired, crisscrossed into two rows side by side. Usually two or three of caudal like-triangles extending upward almost across the dorsum of the tail.

The underside of the body is whitish or cream colored with varying amounts of black square pigment. The pigmentation square resembling a trapezoid or rectangle, may lie restricted only to the outer margin or in the center of ventral or both. The black squares approximately third or half ventral width giving a black checkered appearance. Only one specimen of MZB.Ophi.4797 has extreme entire black from first ventral to anal. The underside of the tail cream-colored with varying amounts of black scales, from a half, one-half to almost complete subcaudals of the tail. Tip of the tail is usually without patches of darkness.

The morphological characteristics of the color pattern can exist within the species more

than one causal trait (Bechtel, 1978). The statement is supported of our assumption that the variation in the color pattern of the Ijen population can be interpreted as having limited geographical distribution, thus causing polymorphisms effect in the dorsal pattern. This is due to the correlation between categories of color patterns in species of snakes as having stripes, uniform (plain) and non-stripe as well as regular-banded or blotches in terms of their definition as a protection mechanism from biotic dangers and defense strategies (Jackson, 1976). The explanation of the first two categories is the species have a rapid escape behavior than the last, because they do not have stay for self-protect mechanism and the non-stripe is the species of engaging in stationary, reasonably secure with the camouflaged state (Huey and Pianka, 1981). The possibility of our hypothesis is that the Ijen population is related to the ecological strategy of self-defense to determine the color pattern which is the result of the protection mechanisms and mimicry processes that influenced as an impact of environmental adaptation.

Comparisons

We performed a comparison of color pattern between Ijen population and several species as type specimens and their synonyms (Figure 3). All the characters correlated to the morphological, gives the figures that Ijen population has similar to one another and also differ from all other species shown in Table 2.

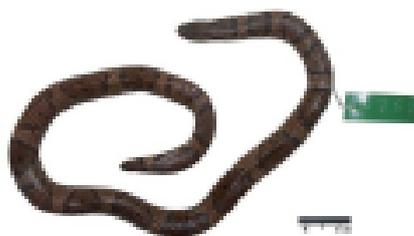


Figure 3a. Dorsum of Ijen Specimen



Figure 3b. Venter of Ijen Specimen



Figure 3c. Dorsum of Holotype *C. linnaei*



Figure 3d. Venter of Holotype *C. linnaei*



Figure 3e. Dorsum of Syntype *C. maculosa*



Figure 3f. Venter of Syntype *C. maculosa*



Figure 3g. Dorsum of Cotype *C. multipunctata*



Figure 3h. Venter of Cotype *C. multipunctata*



Figure 3i. Dorsum of Holotype *C. reticulata*



Figure 3j. Venter of Holotype *C. reticulata*

Table 2. Comparison of main morphological characters between specimens of Ijen Plateau with Holotype of *C. linnaei*, and their synonyms.

Characters	Ijen Plateau (mean)	¹ <i>C. linnaei</i> (Holotype)	<i>C. maculosa</i> (Syntype)	<i>C. multipunctata</i> (Cotype)	² <i>C. brevis</i> (Holotype)	<i>C. reticulata</i> (Holotype)
R	higher than wide	higher than wide	wider than high	higher than wide	higher than wide	higher than wide
RPI	shorter	Shorter	shorter	shorter	equal	shorter
PIF	equal	Shorter	shorter	shorter	shorter	shorter
FSu	1.5 times	1.3 times	1.3 times	2 times	1.5 times	1.5 times
FP	shorter	Equal	shorter	equal	shorter	shorter
First vertebral	small	Equal	larger	small	-	equal
Pro to Pto	less	(uncounted)	same height	same height	same height	same height
Pto	equal	(uncounted)	higher	wider	equal	higher
SL	4 (4x2>1>3)	(uncounted)	4 (4x2>1>3)	4 (4x2>3>1)	4 (4x2>1>3)	4 (4x2>1>3)
EMo	smaller	Equal	equal	equal	greater	equal
First rows	not successively	not successively	continuously	continuously	continuously	continuously
Ven (males)	148 - 158	140	-	142	134	-
Ven (females)	169	-	147	151	-	160
Sc (males)	17 - 19	19	-	18	19	-
Sc (females)	10	-	10	10	-	10
TaL (males)	23.4	21	-	19.1	10	-
TaL (females)	13	-	12.8	10.6	-	12.2
TL (males)	256.5	243	-	221	125	-
TL (females)	332.2	-	284.4	235.4	-	278.6
Dorsal color pattern	widest crossbands	tight crossbands	widish crossbands	spots	dots	stripe-spots
Ventral black pigment	trapezoid-rectangles	Rectangles	rectangles	trapezoid-rectangles	spots	no
Tail-dorsum marking	crossbands	Blotches	blotch	spots	no	stripes
Tail-underside black pigment	rectangles-spots	Rectangles	rectangles-spots	rectangles-spots	few spots	no

Note: See materials and methods for abbreviations. (¹Uncounted means in column data the holotype of *C. linnaei* is character in lateral head except eye cannot recognized because the specimen quite difficult to determine by damaged; ²The holotype specimen of *C. brevis* only accounted without photograph documentation).

Comparison of morphological characters between Ijen specimens with five comparable species, as follows: There are similarities in rostral size (except of *C. maculosa*), rostral length to prefrontal suture (except of *C. brevis*), width of frontal to supraocular (except of *C. linnaei*, *C. multipunctata* and *C. maculosa*), the ratio of frontal and parietal length (except of *C. linnaei* and *C. multipunctata*), and the ratio of size between postocular width and height (except of *C. multipunctata*, *C. maculosa* and *C. reticulata*). Differences of several characters of the Ijen specimens against five comparative species such as: prefrontal are the same size as the frontal, the first vertebral scales are smaller than the

paravertebral scales, and the preocular is shorter than postocular. The diameter of the eye is shorter than the perpendicular distance between eye to lower border of the supralabial. This can be interpreted that the orbital of the Ijen specimen is small or has small eyeballs. One characteristic of *C. linnaei* is the presence of the first scales row that has a white spot, forming white-stripes along the outer margins of the ventral and lateral bodies. The white-stripe on the Ijen specimen does not connect continuously or even without the stripe. The meristic in terms of the number of ventral both male and female more numerous, male of the Ijen: 148 - 158 vs. 140 (holotype of *C. linnaei*), vs. 142 (cotype of *C.*

multipunctata), vs. 134 (holotype of *C. brevis*), and female: 169 vs. 151 (cotype of *C. multipunctata*); vs. 147 (syntype of *C. maculosa*), vs. 160 (holotype of *C. reticulata*). However, the subcaudal scales of both the male and female of the Ijen specimens are relatively the same in number against the five species of comparison. While the color pattern of the dorsum and ventrum of the body and tail on the specimen Ijen, has obviously difference compared to the five species. We are unable to perform of comparison with *C. melanota* because the species has already clearly a distinct species though formerly as *C. linnaei* var. *melanota* (Boulenger, 1894) and previously belongs to the species complex of *C. linnaei*.

We presumed that by knowing both the differences and similarities in some morphological characters to comparable species, it is no longer leads as cryptic species but apparently a distinct species. On the other hand, identifying and describing suspect of cryptic species required further investigation with molecular analysis in order to solve the problem (Bickford, 2006). However, when species are consistently distinguished by one or more morphological differences, then presumably there is no gene flow between them. Assuming that any morphological differences have a genetic basis (Wiens, 2007).

In addition, the above statement gives us confidence as well that there is no prior reference to the distribution and even reveals the species of *C. linnaei* from the Ijen plateau. Previously, the ever-recorded distribution farthest eastward of Java was only from Tengger, which is a mountain range west of Ijen (Hodges, 1993). With regard to the formation of the geological history of Java, evidently, the eastern Java is not derived from a single unified island of Java. As the microplate comes from the north-west shelf of Australia and which moves northward in the Latest Jurassic age of about 155 Ma (Zahirovic et al., 2016). Moreover, the

southern mountains of East Java began in the Eocene Era (Granath et al., 2011). So, the mountains in the eastern Java region have long been formed in about 55 MYA. In fact, the species-level biodiversity of highland snakes, as currently known to have been arising essentially by tectonic events (Castoe et al., 2009). The fragmentation of mountainous habitat seemly is a significant factor in the process of speciation, dispersal, even the species extinction. However, it will ultimately participate in generating differences in the patterns of the species diversity. The results obtained here also indirectly highlight to the role played by natural history in explaining biodiversity.

Conclusions

An essential study in the context of the diversity patterns for species of snake with a limited ecological niche, in order to investigate of the morphological characteristic driven by natural factors at the fragmented highland of Java. Available data suggest that an adjacent pattern of distribution on the within species of *C. linnaei* play an essential role as a significant factor that had the broad effect on intraspecific variations. Given the substantial geographical barriers that effect to the cryptic species because of being isolated, then is resulting in plurality and this will be a different assumption when the ambiguity factor is no longer a problem.

Acknowledgements

We want to thank to P. Campbell and D. Gower from Natural History Museum in London, and E. Dondorp from Naturalis Biodiversity Center in Leiden for their generous having permit IS and NK examined of *Calamaria* collections. Therefore, we are very grateful to Syaripudin in assisting IS about the curatorial collection of *Calamaria* in MZB, and A. Hamidy who has spent much of his time discussing. Rechecking of location data in Ijen plateau, Sempol region, Bondowoso district, East Java can be done with USAID PEER Science Fund (sub-grant number: 200005017).

References

- Bechtel, H.B. 1978. Color and pattern in snakes (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology* 12, 521- 532.
- Bickford, D., Lohman, D.J., Sodhi, N.S., Ng, P.K.L., Meier, R., Winker, K., Ingram, K. K., and Das, I. 2006. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *TRENDS in Ecology and Evolution*, Vol.22 No.3.
- Boulenger, G.A. (1894). *Catalogue of the snakes in the British Museum*. Pp. 353. Natural History. London.
- Castoe, T.A., Daza, J.M., Smith, E.N., Sasa, M.M., Kuch, U., Campbell, J.A., Chippindale, P.T., and Parkinson, C.L. 2009. Comparative phylogeography of pitvipers suggests a consensus of ancient Middle American highland biogeography. *J. Biogeogr.* 36: 88–103.
- De Rooij, N. (1917). *The Reptiles of The Indo-Australian Archipelago II. Ophidia*. Pp. 124. E.J. Brill. Leiden.
- Duméril, A.M.C., Bibron, G., and Duméril, A.H.A. (1854). *Erpétologie générale ou histoire naturelle complète des reptiles*. Tome septième. Première partie [Volume 7, Part 1]: xvi + 780 pp. Paris.
- Dwight, R. Platt. 1983. *Heterodon* Latreille Hognose snakes. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*. 3:15. 1-2.
- Granath, J. W., Christ, J. M., Emmet, P. A., and Dinkelmann, M. G. 2011. *Pre-Cenozoic sedimentary section and structure as reflected in the JavaSPAN TM crustal-scale PSDM seismic survey, and its implications regarding the basement terranes in the East Java Sea*. Geological Society, London, Special Publications, v.355, p53-74. 1978. doi: 10.1144/SP355.4
- Grismer, L. L., Kaiser, H., and Yaakob, N. S. 2004. A new species of reed snake of the genus *Calamaria* H. Boie, 1827, from pulau Tioman, Pahang, West Malaysia. *Hamadryad*, Vol. 28, Nos. 1 & 2.
- Hodges, R. 1993. *Snakes of Java with special reference to east java province*. The British Herpetology Society Bulletin. No. 3. London.
- Huey, R.B., and Pianka, E.R. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology*, 62, 991-999.
- Inger, R.F. and H. Marx. (1965) *The systematics and evolution of the Oriental colubrid snakes of the genus Calamaria*. *Fieldiana Zoology*, 49, 1–304.
- Iskandar, D.T. and E. Colijn. (2001). *A Checklist of Southeast Asian and New Guinean Reptiles*. Part I: Serpentes. Binamitra. Jakarta.
- Jackson, J.F., Ingram, III. W., and Campbell, H.W. 1976. The Dorsal Pigmentation Pattern Of Snakes As An Antipredator Strategy: A Multivariate Approach. *The American Naturalist*, 10 (976): 1029-1053.
- Leviton, A.E., Brown, R.M., and Cameron, D.S. 2014. The dangerously venomous snakes of the Philippine Archipelago with identification keys and species accounts. *The Coral Triangle: Hearst Biodiversity Expedition*. Pp. 475-530. California Academy of Sciences, San Francisco, California.
- Maholtra, A. and Thorpe, R.S. Maximizing information in systematic revisions_a combined molecular and morphological analysis of a cryptic green pitviper complex (*Trimeresurus stejnegeri*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 2004, 82, 219–235.

- Mebert, K. 2011. Sexual Dimorphism in the Dice Snake (*Natrix tessellata*) from the Central Alps. *Martensia*. 18: 94-99.
- Orlov, N.L., Nguyen, T.Q., Nguyen, T.T., Ananjeva, N.B., Ho, C.T. 2010. A new species of the genus *Calamaria* (Squamata: Ophidia: Colubridae) from thua thien-hue province, Vietnam. *Russian Journal of Herpetology*. Vol. 17, No. 3, 2010, pp. 236 – 242.
- Peters, J.A. 1964. *Dictionary of Herpetology*. Pp. 87-153. Hafner Publishing Company, New York and London.
- Schätti, B. and McCarthy, C. 1987. Relationships of the snake genera *Pythonodipsas* and *Spalerosophis*. *Bonn. Zool. Beitr.* 38 (3): 265-268.
- The Reptile Database (<http://www.reptile-database.org>) accessed 1 April 2017.
- Wareham, D. C. 2005. Elsevier's Dictionary of Herpetological and Related Terminology. pp. 240. Bournemouth, England.
- Wiens, J.J. 2007. Species Delimitation New Approaches for Discovering Diversity. *Syst. Biol.* 56 (6) 875–878, 2007.
- Zahirovic, S., Matthews, K. J., Flament, N., Müller, R. D., Hill, K. C., Setona, M., and Gurnis, M. 2016. Tectonic evolution and deep mantle structure of the eastern Tethys since. *Earth-Science Reviews* 162. 293–337.

Appendix

Appendix I. Specimens material used for examine of *C. linnaei* from 21 localities in Java with comparisons to type specimens.

NHM 1946.1.3.45 (BM 47.7.23.14) – holotype of *C. brevis*; RMNH.RENA.27 – holotype of *C. linnaei*;

RMNH.RENA.29 – holotype of *C. reticulata*; RMNH.RENA.32 – syntypes of *C. maculosa* (2); RMNH.RENA.26 – cotypes *C. multimaculata* (3). Specimens of *C. linnaei* (n = 124): Banten. Ujung Kulon: MZB.Ophi.1073. West Java. Bogor: MZB.Ophi.413-16, 731, 733-35, 742, 756, 777, 949, 952, 965, 1106, 1203; Kebun Raya Bogor: MZB.Ophi.902, 979, 1093, 1098, 1356, 1436, 1439, 1443-44, 1667, 1713, 1739, 1993, 3825, 3832-33, 4790; Megamendung: MZB.Ophi.948; Cibodas: MZB.Ophi.733, 907, 972, 1262, 1357, 1395-96, 1479, 1714, 1727, 2044; Cibadak: MZB.Ophi.736; Cengkang: MZB.Ophi.3794; Sukabumi: MZB.Ophi.998; Gunung Hejo: MZB.Ophi.847; Rajamandala: MZB.Ophi.849; Gunung Rakutak: MZB.Ophi.850; Bandung: MZB.Ophi.3834-47; Cileunca: MZB.Ophi.848. Center Java. Nusa Kambangan: MZB.Ophi.3534; Salatiga: ZMA.RENA.16366-67Pledung: MZB.Ophi.6095; Wonosobo (Tlogojati): RMNH.RENA.8620, 14488; Specimens without number register of RMNH.RENA from Mojotengah (12) and Jetis (9). East Java. Kediri: ZMA.RENA.16362; Tulung Agung: ZMA.RENA.16363; Malang: MZB.Ophi.920, 4788-89; Coban Talun: MZB.Ophi.5423-24; Cangar: MZB.Ophi.4492; Tengger (Nongkojajar): ZMA.RENA.16365 and specimens without number register of RMNH.RENA (7); Lumajang: RMNH.RENA.46515-16; Ijen plateau: MZB.Ophi.739-60, 3523, 4792-98.

Appendix II. Museum label abbreviations. MZB.Ophi: label of ophidian collection for Museum Zoologicum Bogoriense, Cibinong, Indonesia; NHM: The Natural History Museum, London, UK (formerly BMNH: British Museum and Natural History); RMNH.RENA: label of reptiles and amphibians collection for Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Netherlands (formerly RMNH: The Rijksmuseum van Natuurlijke Historie); ZMA.RENA: label of zoology collection for Zoological Museum Amsterdam, Netherlands (ZMA collections are now deposited on Naturalis, Leiden).



1. First record of the Genus Calamaria (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Karimunjawa Island, Indonesia: Morphology and systematic. Irvan Sidik, Dadang R. Subasli, Sutiman B. Sumitro, Nashi Widodo, & Nia Kurniawan.

Short Communication: First record of the Genus *Calamaria* (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Karimunjawa Island, Indonesia: Morphology and systematic

IRVAN SIDIK^{1,2*}, DADANG R. SUBASLI¹, SUTIMAN B. SUMITRO², NASHI WIDODO², NIA KURNIAWAN²

¹ Zoology Division, Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI), Jl. Raya Jakarta Bogor km. 46, Cibinong 16911, West Java, Indonesia. Tel/Fax: +62-21-8765056/+62-21-8765068

*email: i.sidik@ipb.ac.id

² Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, Jl. Veteran, Malang 65145, East Java, Indonesia.

Manuscript received: 17 January 2018. Revision accepted: 26 April 2018.

Abstract. Sidik I, Subasli DR, Sumitro SB, Widodo N, Kurniawan N. 2018. Short Communication: First record of the Genus *Calamaria* (Squamata: Colubridae: Calamariinae) from Karimunjawa Island, Indonesia: Morphology and systematic. *Biodiversitas* 19: 912-917.

We present the first record of the Genus *Calamaria* from Karimunjawa Island, Central Java, Indonesia based on an unfathomable single specimen collected in the coastal forest of Lagon Moto. Morphological characters analysis revealed the specimen as *Calamaria melanota*. This finding unravels the extent of the species distribution which was previously thought to be restricted in Borneo, representing the southernmost record of this species. The examined specimen is described in detail and meticulously compared with other *Calamaria* species such as *C. battersbyi*, *C. borneensis*, *C. lissota*. Our study highlights several characteristic differences between the specimen and the holotype of *C. melanota*.

Keywords: Biogeography, *Calamaria*, morphology, snake, systematic

INTRODUCTION

Indonesia is a fascinating archipelagic country that has been known for its species diversity of Genus *Calamaria* in the Oriental zone (Inger and Voris 2001). Reports show that more than half the total numbers of *Calamaria* in the world are present in Indonesia (Iskandar et al. 2012). Currently, there are 41 species of *Calamaria* in Indonesia from the total 61 species, placing Indonesia as the region with the highest *Calamaria* species number worldwide (Uetz and Hallermann 2016). *Calamaria* were found in the western to eastern part of Indonesia from Sumatra (16 species), Simulue (2), Nias (3), Siberut (1), Riau Islands (1), Bangka (2), Belitung (2), Java (10), Bali (1), Borneo included of Kalimantan, Sarawak and Sabah (22), Natuna Islands (1), Sulawesi (8) and the surrounding islands of Banggai (1) and Buton (2), and to Seram (1) in Moluccas (Iskandar and Colijn 2002).

There are several *Calamaria* species endemic to certain locations in Indonesia. In Sumatra, there are 9 endemic species such as *C. abstrusa*, *C. alidae*, *C. crassa*, *C. doederleini*, *C. eiselti*, *C. fuscicornis*, *C. intensis*, *C. margaritophora*, and *C. almari*. In Borneo there are 6 endemic species namely, *C. battersbyi*, *C. grabowitsyi*, *C. gracillima*, *C. griseovittis*, *C. lamholtzi*, and *C. rebenitschi* (Inger and Marx 1965). Although, the number of endemic species of *Calamaria* in Borneo is not as many as that in Sumatra, Borneo has been home to the largest numbers of *Calamaria* of all other distribution areas. In Sulawesi and

the surrounding small islands, there are 10 species, *C. acutirostris*, *C. apusocularis*, *C. curta*, *C. musleri*, *C. banggaiensis*, *C. boesemani*, *C. brongarimai*, *C. batuanensis*, *C. longirostris*, and *C. nuchalis* which are almost all endemic to Sulawesi (Howard and Gillespie 2007; Koch et al. 2009). In Seram island, there has been found 1 endemic species, i.e., *C. ceramensis* from Honitutu (Rooij 1917). Meanwhile, there has been none endemic *Calamaria* species originated from Java.

The specimen of *Calamaria* found in the Karimunjawa was identified as *C. melanota* or commonly known as Kapuas reed snake. This species was previously recorded in Kapuas and Barito Rivers, in the southern part of the Schwaner Mountains in Central Kalimantan and Sarawak (Iskandar et al. 2012). Marx and Inger (1955) also mentioned that the distribution of *C. melanota* is only found in Borneo. Karimunjawa Island with an area of 71.2 square kilometers is an island in the islands of Karimunjawa located in the Java Sea and administratively belongs to the province of Central Java, Indonesia (Suanto et al. 2014). The islands were formed from a carbonate arch in the edge of the topographical Sundaland during the Pliocene Epoch about 5.3-1.6 million years ago (Smyth et al. 2008). Although the island has been known as a tourism destination, many locations in the island have not been explored scientifically. The research on the diversity of herpetofauna of Karimunjawa is rare and the information about it is still lacking. The important papers ever published about the island are an inventory of amphibian

Morphological data

This paper describes the pholidosis of a single specimen of snake found in Karimunjawa as indicated by its characters. The specimen has been deposited as an unidentified specimen in the herpetology collection of the Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) in Cibinong, Indonesia for more than ten years. Since the specimen is too small to be observed by naked eyes, then the morphometric data of the head scales are observed and analyzed by using Leica M60 modular stereo microscope and documented with a digital camera Nikon D80 and Tamron 60mm macro lens. The measurement of body and tail length was done by an electronic digital caliper to the nearest 0.01 mm. The morphological characteristics of the specimen were compared with the holotypes of *C. melanota* (RMNH.RENA 37), *C. livasii* (RMNH.RENA 27) and *C. battersbyi* (BMNH 96.2.17.13), and the original description of *C. borneensis* was examined by the authentic literature.

The following abbreviations are commonly used to indicate morphological characters for comparing species of *Calamaria*. Body: ToL: total body and tail length, measured from the snout to the tip of the tail; TaL / ToL: the ratio of tail to total length. The head of a snake is the most important thing than any other part of its body. The three main parts analyzed in this study were the upper side (dorsum), the underside (ventrum) and the lateral side. Dorsum: RPF: the length of the rostral seen from above to the prefrontal suture; PFP: the distance from the prefrontal suture to the longest frontal; Fou: the distance from the frontal to the supraocular; FP: the longest distance from the frontal to the parietal suture; PPF: the longest distance from the parietal suture to the prefrontal; Par: shields and scales that surround the paraparietal. Ventrum: M - ACS: mental being in contact to the anterior chin shield or not; IL: the number and size of infralabial; IL - ACS: the number of infralabials touching to the anterior chin shield; ACS - PCS: size comparison between the anterior chin shield and the posterior chin shield; G: the number of gular; V: ventral scales on the body; SC: subcaudal scales on the tail. Lateral: NPto: the distance from the nasal to the postocular; Pro: the presence of preocular; Pro-Pto: height comparison between preocular and postocular; Pto: the form and size of the postocular; Pro & Pto - Eye: height of both preocular and postocular compared to the eye diameter; Emd: eye-to-mouth distance: comparison between the diameter of eye with the distance from the bottom of the eye to the lower part of the supralabial; SL: the number and dimensional size of the supralabial; SLE: the number of supralabials in contact with the eyes. The sex of the snake is identified by its lower tail after the anal scales revealed by dissecting the underside of the tail.

Institutional acronyms as follows: MZB = Museum Zoologicum Bogoriense, Zoology Division, Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences, Cibinong, Bogor, Indonesia; RMNH.RENA = Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Reptiles and Amphibians, Leiden, The Netherland (now Naturalis Biodiversity Center); BMNH = British Museum of Natural

History (now known as Natural History Museum), London, United Kingdom.

RESULTS AND DISCUSSION

Specimen description

A single snake specimen of *Calamaria* has been collected in the Legon Moto coastal forest, Karimunjawa Island, Central Java. The specimen was found at 5°51'25.3" S, 110°27'56.8" E, 2 meters above sea level and about 6 meters from the shoreline when the sea water recedes. The specimen was found under leaf litter in moist soil with fine white sand without coral remains. The specimen was a juvenile female collected by DRS on 26 April 2004 and labeled as MZB.Opht.3129 (field number DRS202).

The body of the specimen (Figure 3) is cylindrical, with smooth scales without apical pits and with a snout-vent length of 104 mm. The habitus is vermiform. The head is not distinct from the neck. This genus of *Calamaria* is distinguished from all other snakes by 13 rows of dorsal scales throughout the body. In the underside of the body, ventral scales are dark in color on the anterior and lightly creamy on the posterior and those scales are divided by two transversal lines. The number of ventral scales is 155. The anal plate is single, broadened, and uniformly pale in color without any spots. The tail length is 8 mm, a moderately short tail and posteriorly tapered in half to the tip. The subcaudal scales are 16 which are divided into two rows with a fine dark line in the middle of the division. Dorsal scales are reduced to 4 rows on the tail. The position of the reduction on the tail can be located by counting the number of subcaudals from tip of tail forward. The eight maxilla teeth in specimen *Calamaria* from Karimunjawa Island which has been modified to prey on earthworms.

The following is the description of the dorsum portion of the head (Figure 4.A). The rostral is higher rather than wide, visible from above, shorter, i.e., about three quarters the length of the prefrontal suture. Prefrontal: the suture is shorter than that of the frontal one; in contact with the first and second supralabials. Frontal: hexagonal in shape; the anterior is blunter while the posterior is more pointy; about three and a half times the width of the supraocular; the longest frontal length is shorter than that of the parietal suture. The parietal is one and a half times the length of the prefrontal. The para parietal is surrounded by 6 shields and scales.

The following is the description of the ventral of the head (Figure 4.B). The mental is triangular, the stabbed is in contact with the anterior chin shields (ACS), and the first pair of infralabials are prevented from being in contact with each other by the mental. There are 5 infralabials, the first three scales touching the ACS; the half portion of the third and the whole fourth of the infralabial are usually in contact with the posterior chin shield (PCS), the fifth infralabial is in contact with the fourth supralabial. Anterior chin shields are larger than posterior and meet in the midline. Less than half of the posterior chin shields meet in the midline. There are 3 gulars in the midline between the posterior chin shields and the first ventral.



Figure 3. The upper side (A) and under side (B) body of *C. melanota* (MZB.Ophi.3129) from the Karimunjawa Island, north of Java, Indonesia. The first three scale rows and ventral scales show the characteristics of this species (Photographs by Irvan Sidik).

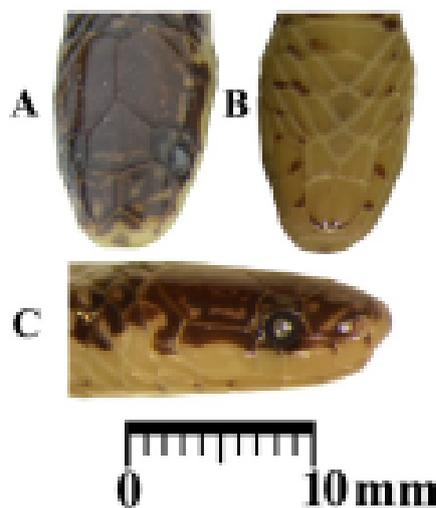


Figure 4. The scapular detail of the dorsum (A), ventrum (B) and lateral (C) of the head of *C. melanota* (MZB.Ophi.3129) from the Karimunjawa Island, north of Java, Indonesia (Photographs by Irvan Sidik).

The following is the description of the lateral surface of the head (Figure 4.C). The nasal is smaller than the postocular. The preocular is present and smaller than the postocular. The postocular has a saddle or elliptical orbit form. Both oculers are not as high as the eye. Eyes are bigger than the eye-mouth distance. There are 4 supralabials, the first is longer than the third scales; the second and the third one is entering the eyes and have a size of a third or less than half the length of the second one; the fourth is the longest scale than any other supralabial.

The following are the descriptions of the specimen upon coloration in ethanol preservative. The body showed dark brown color with each scale exhibiting a light spot at the posterior tip. The scales at the first three rows have wider bright areas than those at the rows above. The dorsum area of the head shows dark brown color with scattered indistinct lighter spots at the prefrontal, anterior of frontal, outer edges of the supraocular and parietal. The

anterior of the pars parietal is dark brown and posteriorly bright. Meanwhile, the middle of the rostral and area bordering to the prefrontal exhibit a darker coloration. The upper half of the postocular part bordering the parietal is brighter. The first, second and third supralabial have wider bright area compared with that of the fourth one. The underside of the head is light creamy in color with varying amounts of small dark spots on the boundary of the anterior chin shield with the mental, and the first infralabial, and at the front edge of the third, fourth or fifth infralabial. The upperside of the tail is brown in color similar to that of the body. The subcaudals show similar one as the ventrals with a dark streak in the midline. This description is reminiscent of the original characters previously described for *C. benjamini* by Edeling (1864). The original description of *C. benjamini* which is similar to *C. melanota* by Inger and Marx (1965) mentions that the conspicuous pattern of dark and light streak in the ventral scales is the characteristic of *C. melanota*. Comparing the specimen with this previous species descriptions assured us that the Karimunjawa specimen is *C. melanota*.

Taxonomic status

The following nomenclature is the historical taxonomy of *C. melanota*. In 1862, Jan first introduced *C. linnaei* var. *melanota* with several other species as its variants: *C. linnaei* var. *bilineata*, *C. linnaei* var. *costostriata*, *C. linnaei* var. *gastrogramma*, *C. linnaei* var. *rhomboides*, and *C. linnaei* var. *transversalis*. The original statements from his paper "Enumerazione Sistematica Delle Specie d'Ofidi del Gruppo Calamariidae", unfortunately, did not provide a detailed explanation on how to distinguish one variant of *C. linnaei* from the others. The identification for classification only mentioned three striking characters including four numbers of supralabial, mental touching the infralabial, and on the basis of delicate teeth. Meanwhile, other characters that distinguish between species have been described by Schlegel (1837) and Dumeril et al. (1854).

Edeling (1864), on the other hand, has described two new species of *Calamaria* collected by Mr. Benjamin, an army physician in Martapura, southeast Kalimantan which subsequently named as *C. benjamini* and *C. martapurensis*. In 1865, Jan also published a book "Iconographie générale des ophiétiens" which includes images contrasting *C. linnaei* and its varieties based on their color pattern. Twenty-five years later Boulenger (1894) reviewed *C. linnaei* var. *melanota* through anatomical evidence and separated it from *C. linnaei* variants. On the basis of the characteristics from the variant of *C. linnaei* by Jan's iconography, differences in numbers of the modified maxillary teeth, number of subcaudals and the width of frontal is the same size as its length, then Boulenger (1894) raised the taxonomical status of *C. linnaei* var. *melanota* into a distinct species as *C. melanota*. The remaining species variants are still incorporated as the variant of *C. linnaei* species.

Because of their similar morphological characteristics, Inger and Marx (1965) classified *C. benjamini* as synonymous to *C. melanota* and *C. electa*, a species described by Barbour (1927) that is originated from Païr

(East Kalimantan). Another species, *C. mertaparensis*, previously described by Edeling is also considered synonymous to *C. schlegelii schlegelii*. Since Jan was the first person who used the characteristics of *C. melanota* as the variants of *C. lineasi*, the applied scientific name for the species is *C. melanota* Jan (1862) (Boulenger 1894).

Comparisons

The pholidotic patterns were applied to compare the morphology of *C. melanota* from Karimunjawa from those of other related *Calamoteria* species in Borneo and Java. Some of the similar characters are not presented in the summary (Table 1). All the species examined have the same number of 13 rows dorsal scales; hexagonal form of frontal; smaller nasal size compared to that of the postocular; the height of the preocular and postocular are lower than the eyes level; the prefrontal scales touched the 1st and 2nd supralabial; 6 shields and scales surrounding the para parietal; 2nd and 3rd supralabials are in contact with the eyes; the mental is in contact with the anterior chin shield; the anterior chin shield and the posterior chin shield meet in the midline. Specimen from Karimunjawa that was identified as *C. melanota* appeared to be most closely related to *C. battersbyi*, exhibiting the following characteristics: the eyes are larger than the eye-to-mouth distance, having four supralabials, the same number of modified maxillary teeth, and preocular is present. However, the specimen also showed similar morphological characteristics to *C. lineasi* for example in terms of the number of low ventral scale (< 166), and the thick short, blunt tail. Overall, the morphological pattern of the specimen is geographically concordant with those of *C. melanota* from Borneo.

The dorsal color pattern of *C. melanota* from Karimunjawa is dark brown, and each scales has a light spot at its posterior tip, readily distinguished from other species such as *C. battersbyi* from Borneo which has

brownish dorsum and yellowish dorsal scales with brown margins (Inger and Marx 1965). *C. borneensis* is known to have dark grayish brown scales with fine dark reticulation or scattered dark pattern (Bleeker 1860). *C. lineasi* has dark brown or black to light sandy brown color, and its dorsal scales are characterized by dark network or small isolated black spots scattered all over its body (Boulenger 1894).

The lower surface of the body and the underside of the tail also show a various color pattern with conspicuous difference. Ventral scales of *C. melanota* from Karimunjawa are composed of two transversed dark and light lines; the underside of the tail is same as the ventral. *C. battersbyi* possess ventral scales with dark stippling across the anterior, and yellow across the posterior. Meanwhile, the underside of the tail of *C. battersbyi* shows a dark streak in the midline. The original description of *C. battersbyi* by Inger and Marx (1965) does not provide any means for distinguishing the color pattern in the ventral portion in detail. *C. borneensis* has ventrals dark stripe along the adjacent edges. The underside of the tail is black and yellow checkered with varying amount of dark pigment. *C. lineasi* has whitish or cream-colored ventrals with varying amounts of dark pigment in the outer margins, few black squares, or completely black-checkered appearance; the underside of the tail is uniformly cream-colored or has varying intensity of black.

Furthermore, the morphological comparisons of some specimens from Borneo generally show similarities. However, in certain characters, there are differences between the specimens, for example on dorsal scales of the tail. In *C. borneensis*, the dorsal scales on tail are reduced by 2nd to 11th of subcaudals and *C. lineasi* by 2nd to 10th of subcaudals. Considering the specimen we obtained in Karimunjawa Island, the distribution pattern of *C. melanota* is broader than previously thought, i.e., the species has limited distribution only in Borneo.

Table 1. Diagnostic characters to distinguish between the Karimunjawa, north of Java, Indonesia specimen with *C. battersbyi*, *C. borneensis*, and *C. lineasi*. Morphometrics of the body in mm and meristic data in units of scale. M = male, F = female.

Characters	Karimunjawa	<i>C. battersbyi</i>	<i>C. borneensis</i>	<i>C. lineasi</i>
Morphometric				
Total length	112	92	135-374	91-366
Ratio tail to total length	0.073	0.065	0.061-0.133	0.029-0.113
Rostral	Higher than wide	Broader than high	Higher than wide	Higher than wide
Rostral to prefrontal	½ length	½ length	½ length	Equal length
Frontal to suprascapular	¾ times width	1½ times width	2 times width	1½-2 times width
Frontal to parietal	½ length	½ length	½ length	Shorter to equal length
Parietal to prefrontal	1½ length	1½ length	1½ length	Longer about 1½ length
Preocular to postocular	Shorter	Equal	Shorter	Equal
Diameter eye to eye-mouth distance	Larger	Larger	Equal	Equal to slightly greater
Meristic				
Supralabial	4	4	4	4
Infralabial	5	5	4	5
Infralabial to ACS	1 st , 2 nd , 3 rd	1 st , 2 nd , 3 rd	1 st , 2 nd	1 st , 2 nd , 3 rd
Outer	3	3	3 (rarely 2)	3
Ventrals	155 (F)	171 (M)	126-169 (M); 159-192 (F)	130-149 (M); 148-166 (F)
Subcaudals	16 (F)	16 (M)	20-26 (M); 13-21 (F)	15-22 (M); 7-13 (F)
Tail reduction	4 th	4 th	2 nd to 11 th	2 nd to 10 th
Maxillary teeth	8 modified	8 modified	8 or 9 modified	10 modified

