BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Morfometri dan Meristik *Cyrtodactylus*

Berdasarkan analisis morfometri dan meristik yang dilakukan pada sampel awetan, telah diidentifikasi sebanyak 6 spesies yaitu *C. marmoratus, C. semicinctus, C. psarops, C. lateralis*, *C. consobrinus* dan *C. semiadii*. Berdasarkan hasil pengukuran pada seluruh sampel, didapatkan bahwa ukuran betina mengalami sex dimorfisme yaitu memiliki SVL yang lebih pendek dibandingkan dengan jantan. Selain itu, terdapat perbesaran sisik *femoral* dan pori pada sisik *precloacal* yang mengalami diferensiasi (Tabel 5 dan 6).

Tabel 5. Karakter morfometri *Cyrtodactylus* betina

Spesies	**SVL (mm)**	**TailL (mm)**	**Sisik besar *femoral***	**Sisik *precloacal***
C. consobrinus, Sumbar	119,7	104,2	Tidak ada	12
C. cf psarops, Sumbar	57,4	70,3	Ada	11
C. cf marmoratus, Sumut	54,9	68,5	Ada	7
C. marmoratus, Jabar	46,1	28,4 (reg)	Ada	12
C. cf psarops, Sumut	68,8	54,6	Ada	11

Tabel 6. Karakter morfometri *Cyrtodactylus* jantan

Spesies	**SVL (mm)**	**TailL (mm)**	**Sisik besar *femoral***	**Sisik *precloacal***
C. lateralis, Aceh	76,81	46,5 (reg)	Ada	10
C. psarops, Sumut	60,1	72,8	Ada	14
C. semicinctus, Jambi	58,6	70,2	Ada	15
C. semiadii, Jateng	43,9	29,4	Tidak Ada	0
C. marmoratus, Jateng	58,9	72,8	Ada	17

Pola sisik *precloacal*, sisik *femoral*, pori sisik *femoral* dan pori sisik *precloacal* merupakan karakter yang dapat dijadikan sebagai ciri pembeda setiap spesies (Harvey dkk., 2015). Perbedaan setiap spesies

dalam genus *Cyrtodactylus* dapat ditinjau melalui karakter tersebut karena aktivitas reproduksi yang berbeda dan dipengaruhi struktur sekunder dari organ reproduksi yang dipengaruhi oleh lingkungan (Russel dkk., 2015). Berdasarkan hasil meristik yang dilakukan pada keseluruhan individu didapatkan karakter pembeda spesies yang dapat ditinjau pada Gambar 6.

(Dokumentasi pribadi, 2017)

Gambar 6. Pola *precloacal* dan sisik *femoral*. Ket: a) *C. psarops*; b) *C. consobrinus*; c) *C. lateralis*; d) *C. marmoratus* e) *C. semiadii*; f) *C. semicinctus*

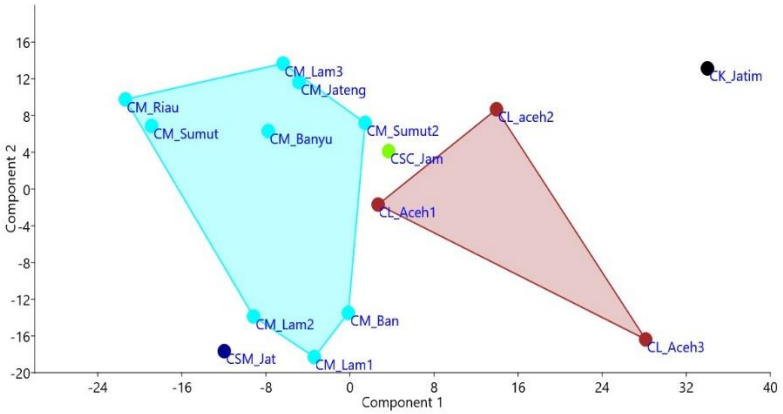
Berdasarkan gambar 6, tipe pola *precloacal* dan sisik femoral menunjukkan perbedaan yang signifikan pada seluruh spesies *Cyrtodactylus* di Paparan Sunda. *C. psarops* tidak memiliki bentuk *precloacal*, tidak terjadi perbesaran sisik *precloacal* terjadi sisik yang

tiba-tiba antara *post femoral* dan *femoral*. Sisik besar *femoral* tersusun kontinu sebanyak 28-35. Berbeda dengan *C. psarops*, *C. consobrinus* tidak memiliki perbesaran sisik *femoral* namun terjadi perbesaran sisik *precloacal* dengan jumlah antara 8-10. Dalam penelitia ini, variasi pada *C. consobrinus* terjadi pada dua populasi besar, yaitu Sumatra dan Kalimantan. Populasi Kalimantan terdapat pori pada sisik *precloacal*, sedangkan pada populasi Sumatra tidak ditemukan.

C. lateralis merupakan spesies endemik Sumatra yang memiliki tipe perbesaran sisik femoral dan pori sebanyak 9 yang tidak menyambung satu sama lain. Bentuk *precloacal wide* dengan sisik besar *cloacal* sebanyak 10. Gambar 8d, *C. marmoratus* memiliki sisik f*emoral* yang kontinu sebanyak 42-50, pola *precloacal* berbentuk *angular*. Tidak memiliki pori pada sisik *femoral* dan sisik *precloacal*. Gambar 8e, *C. semiadii* tidak memiliki perbesaran sisik *femoral* dan *cloacal*. Karakter kunci dari spesies ini adalah ekor yang pendek, membesar dan silindris. Gambar 8f, *C. semicinctus* memiliki perbesaran sisik *femoral* yang menyambung dengan jumlah 36-38, pola *precloacal* subtriangular, terjadi perbedaan sisik yang tiba-tiba antara *post femoral*.

4.1.1 *Principal Component Analysis* (PCA) *Cyrtodactylus* di Jawa dan Sumatra berdasarkan analisis morfologi

Analisis PCA dilakukan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan *Cyrtodactylus* di Jawa dan Sumatra berdasarkan persamaan karakter yang diamati. Pengelompokan yang dilakukan pada sampel awetan *Cyrtodactylus* dibedakan berdasarkan jenis kelamin sampel. Perbedaan sampel jantan dan betina didasarkan pada ukuran SVL, panjang kepala, lebar kepala dan ukuran ekor. Munculnya sex dimorfisme disebabkan kebutuhan reproduksi dalam menghasilkan keturunan yang baik (Nesty, 2013) Hasil PCA dari karakter morfometri dapat ditinjau pada Gambar 7.

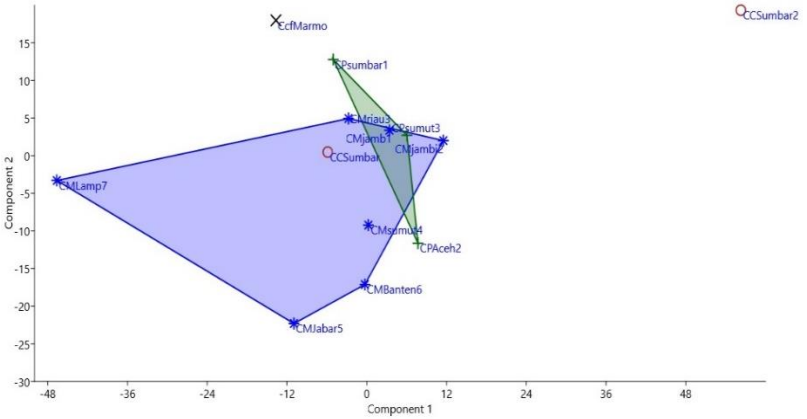


Gambar 7. Hasil PCA *Cyrtodactylus* jantan Ket. CM: C. *marmoratus*; CL: C. *lateralis*; CSM: C. *semiadii*; CSC: C. *semicinctus*; CK: C. *klakahensis*

Berdasarkan gambar 7, *Cyrtodactylus* jantan mengelompok berdasarkan jenis spesis. Pada pengelompokan *C. marmoratus*, antara populasi Jawa dan Sumatra memiliki ciri khas yang secara keseluruhan sama. Karakter morfometri menunjukkan nilai yang mirip sehingga menyebabkan pengelompokan pada genus *Cyrtodactylus*. Spesies *C. semiadii* merupakan spesies baru yang dicirikan dengan ekor pendek yang membulat memiliki pengelompokan di luar kelompok *C. marmoratus*. Selain itu, *C. semicinctus* yang merupakan spesies dari Jambi yang secara morfologi berbeda dengan kelompok *C. marmoratus*. Kelompok *C. lateralis* yang berasal dari Aceh memiliki pengelompokan sendiri berdasarkan karakter SVL dan TL yang panjang. Pengelompokan yang sangat jauh dari dua kelompok besar yaitu *C. klakahensis*. Spesies ini merupakan jenis baru yang karakter morfologinya sangat jauh berbeda dari *C. marmoratus* dan *C. lateralis*.

Pengelompokan *C. marmoratus* dapat dikatakan bahwa secara morfologi populasi dari Jawa dan Sumatra mengalami kesamaan karakter. Melihat persebaran yang luas yang memisahkan Jawa dan Sumatra dengan adaptasi dalam jangka waktu yang lama akan

menyebabkan tingginya variasi genetik dari *C. marmoratus.* Terjadinya isolasi populasi melalui periode waktu yang sangat panjang, sebagian besar dikarenakan batas (*barrier*) geografi yang mengijinkan perkembangan karakteristik varian mtDNA pada populasi individu spesies tersebut (Bohlen dkk, 2011).



Gambar 8. Hasil PCA *Cyrtodactylus* betina Ket. CM: *C. marmoratus;* CP: *C. psarops*; CCS: *C. consobrinus*; Ccf: *C.cf marmoratus*)

Berdasarkan Gambar 8 pengelompokan dari kelompok *Cyrtodactylus* betina menunjukkan kesamaan dengan kelompok jantan. Populasi *C. marmoratus* dari Jawa dan Sumatra mengelompok menjadi satu kelompok yang memiliki kesamaan karakter. Selain itu, *C. psarops* yang merupakan spesies endemik Sumatra mengelompok antar *locality*. Terdapat hal yang menarik, dimana *C. consobrinus* dari Sumatra Barat masuk ke dalam kelompok *C. marmoratus*. Hal ini disebabkan karakter SVL dan TL dari spesies ini sangat mirip dengan *C. marmoratus*. Namun, secara karakter meristiknya kedua spesies ini sangat berbeda jauh. Hal ini mengindikasikan bahwa *C. consbrinus* dari Sumatra Barat masih *juvenille*. *C.cf. marmoratus* dari pulau Samosir merupakan spesies yang *unidentified* yang secara morfologi mirip dengan *C. marmoratus*, namun ditinjau dari hasil PCA

mengindikasikan spesies ini berbeda dari seluruh *Cyrtodactylus* dari Jawa dan Sumatra. Sangat banyaknya variasi *Cyrtodactylus* disebabkan adaptasi terhadap lingkungannya. Respon terhadap lingkungan ditanggapi oleh perubahan fisiologis dari suatu organisme sehingga memunculkan variasi-variasi morfologi akibat pemisahan geografis dan jarak dari populasi induk suatu spesies (Nesty, 2013).

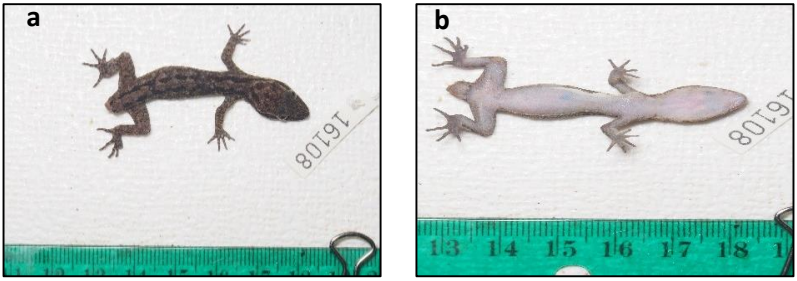
4.2 Hubungan Kekerabatan Genus *Cyrtodactylus* di Jawa dan Sumatra Berdasarkan Analisis Gen ND4

Rekonstruksi pohon filogenetik dilakukan pada 12 sekuens *Cyrtodactylus* dan dua sekuens *outgroup* dengan panjang 611 bp. Filogram pohon dilakukan tiga analisis yaitu *Maximum Likelihood* (ML), *Maximum Parsimony* (MP), dan *Bayesian Inference* (BI) memiliki topologi pohon yang sama, sehingga dapat dikonstruksi menjadi satu pohon filogenetik. Nilai *bootstrap* yang muncul pada pohon filogenetik dari ketiga analisis menunjukkan perbedaan akibat dari uji statistik yang berbeda dari setiap analisis dalam rekonstruksi filogenetik. Kevalidan cabang pohon filogenetik didasarkan pada nilai *bootstrap Maximum Likelihood Bootstrap (*MLBS), *Maximum Parsimony Bootstrap* (MPBS), *Bayesian Posterior Probabilty* (BPP). Topologi pohon filogenetik *Cyrtodactylus* dapat ditinjau pada Gambar 11. Pengelompokan yang terjadi didasarkan pada kesamaan genetis dari setiap spesies. Hasil rekonstruksi filogenetik *Cyrtodactylus* menunjukkan bahwa *Cyrtodactylus* merupakan kelompok monofiletik yang terbagi atas dua *clade* besar (B dan C).

Clade A, B, dan C menunjukkan hubungan monofiletik yang didukung dengan nilai *bootstrap* (MLBS=95, MPBS=99, BPP=93). Clade A merupakan kelompok yang berasal dari Jawa namun terdapat pemisahan *clade* B dari Jawa Tengah. *Clade* B merupakan kelompok *Cyrtodactylus* dari Jawa Tengah. Clade C adalah kelompok *Cyrtodactylus* dari Sumatra, Kalimantan, dan Papua. Pemisahan *clade outgroup* (*Gekko gecko* dan *Cnemaspis limi*) dengan *clade Cyrtodactylus* didukung dengan nilai *bootstrap* yang tinggi (MLBS=95, MPBS=100, BPP=100). Selain itu, ditinjau dari nilai *uncorrected p-distance*, dua spesies tersebut memiliki perbedaan genetis sebesar 44-52%.

4.2.1 *Clade* A

Clade A terdiri dari satu spesies, yaitu *C. marmoratus* yang berasal dari Jawa Barat. *Clade* ini didukung dengan nilai *bootstrap* yang valid (MLBS=95, MPBS=99, BPP=93). *Clade* A terdiri atas spesies monofiletik. *Clade* ini menunjukkan *bahwa C. marmoratus* merupakan *sister lineage* dari spesies yang lain dengan nilai *bootstrap* yang valid. Nilai *bootstrap* dianggap valid apabila pada cabang pohon filogenetik mencapai nilai 70% (Hedges, 1992 dalam Matsui dkk., 2011). Nilai *bootstrap* yang ditunjukkan pada topologi pohon >70 %, menjelaskan bahwa *clade* A jelas mengalami pemisahan dari *clade* B yang merupakan *clade* dari Jawa Tengah. Berdasarkan pohon filogenetik, *C. marmoratus* dari Jawa Barat ini termasuk *ancestor* dari semua spesies. Selain itu, nilai *p-distance clade* A yang terpisah dengan *clade* B (33,6%) lebih tinggi dibanding dengan *C. marmoratus* dari Sumatra Utara (31,3%). Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Wood dkk. (2012). Perbedaan yang ada yaitu *C. marmoratus* dari Jawa Barat mengalami pengelompokan *clade* dari Jawa Timur dan NTT. Hasil ini dapat diasumsikan bahwa *C. marmoratus* dari Jawa Barat akan mengelompok sendiri dengan *C. marmoratus* dari Sumatra.



(Dokumemtasi ENS, 2013)

Gambar 9. Karakter morfologi *C. marmoratus* dari Jawa Barat. Keterangan: a) Dorsal; b) Ventral

Berdasarkan Gambar 9, *C. marmoratus* memiliki total SVL 46,1 mm. Spesies ini memiliki pewarnaan coklat dengan bercak hitam yang tersusun dua garis dari pangkal ekor hingga kepala. Identifikasi secara meristik didapatkan bahwa pada lipatan *ventrolateral* terdapat tuberkel bulat kecil. Jumlah sisik *femoral* berjumlah 42. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Mecke dkk. (2016) yang menyatakan bahwa *C. marmoratus* tidak memiki tuberkel pada lipatan *ventrolateral* dan jumlah sisik *femoral* 49-54. Berdasarkan hasil *clade* dan morfologi, *C. marmoratus* dari Jawa Barat mengalami diferensiasi genetik maupun morfologi sehingga dapat diasumsikan menjadi subspesies maupun spesies baru.

4.2.2 *Clade* B

Clade B terdiri atas *C. marmoratus* dan *C. semiadii* yang berasal dari Cilacap, Jawa Tengah. *C. marmoratus* dan *C. semiadii* sebenarnya merupakan spesies yang berbeda (*p-distance*=0,28). *Clade* B termasuk kelompok monofiletik yang didukung dengan nilai *bootstrap* yang cukup signifikan (MLBS=85, MPBS=63, BPP=92). Secara genetis maupun morfologi, kedua spesies ini sangat berbeda. Hal ini dapat dikatakan sebagai kerabat dekat. *C. semiadii* adalah spesies yang baru dideskripsikan oleh Riyanto dkk. (2014) melalui analisis morfologi. Ditinjau pada Gambar 10, morfologi dari *C. marmoratus* dan *C. semiadii* menunjukkan perbedaan yang sangat jelas, namun pohon filogenetik posisi *C. semiadii* masih dalam *clade C. marmoratus* complex. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *C. semiadii* merupakan sinonim dari *C. marmoratus.*

(Dokumentasi NK, 2014)

Gambar 10. Karakter morfologi ventral dan dorsal. Ket: a) *C. semiadii*; b) *C. marmoratus*

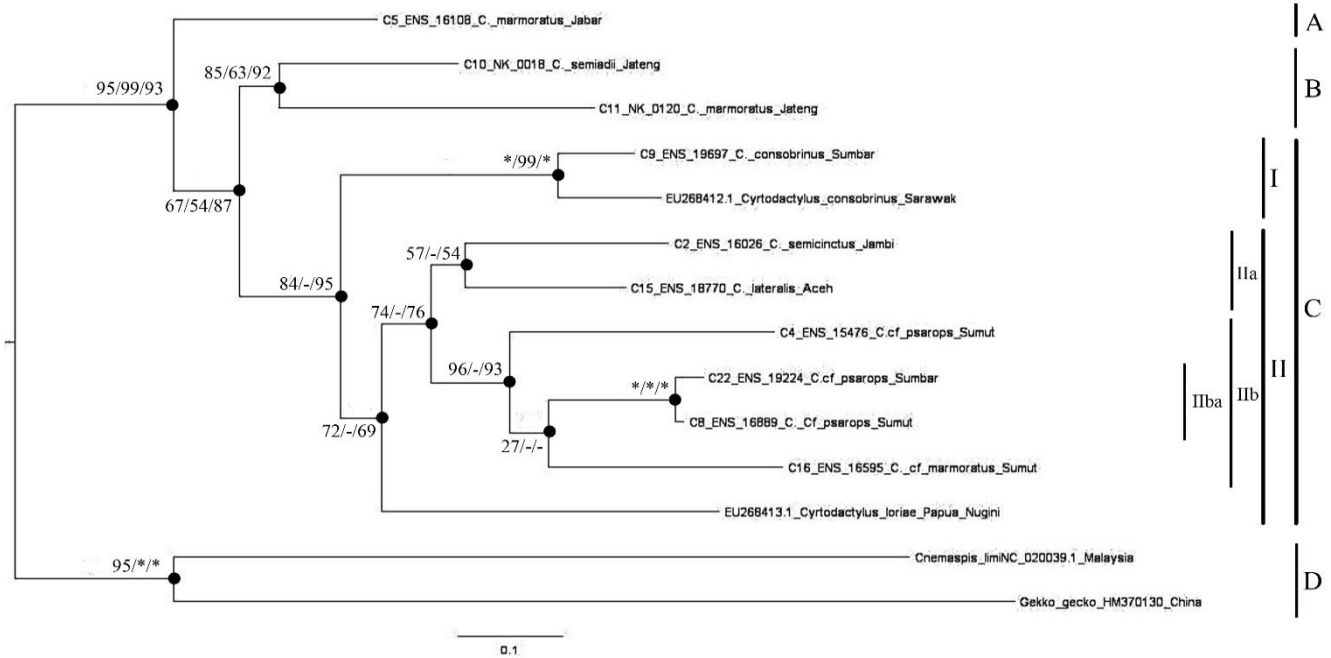
Berdasarkan Gambar 10, terdapat perbedaan dari *C. marmoratus* dan *C. semiadii* yang dapat dilihat pada ukuran panjang dan bentuk ekor. *C. semiadii* memiliki ekor yang silindris sedangkan *C. marmoratus* memiliki ekor yang panjang. Corak warna pada *C. semiadii* terdapat bercak hitam yang tersusun rapi dari tengkuk hingga ekor. Berbeda dengan *C. marmoratus*, pola warna yang ada pada bagian dorsal berwarna hitam yang tersusun acak pada tengkuk hingga paha. Selain itu, pola warna pada ekor berwarna hitam dan putih hingga ujung ekor. Ditinjau dari bagian ventral pada Gambar 10, menunjukkan perbedaan yang jelas pada pola sisik *precloacal*. *C. semiadii* tidak memiliki pola sisik *precloacal* dan tidak memiliki perbesaran sisik *femoral*. Pola *precloacal* pada *C. marmoratus* berbentuk *angular* dengan sisik *femoral* menyambung dan mengalami perubahan sisik yang tiba-tiba pada *post femoral.*

4.2.3 *Clade* C

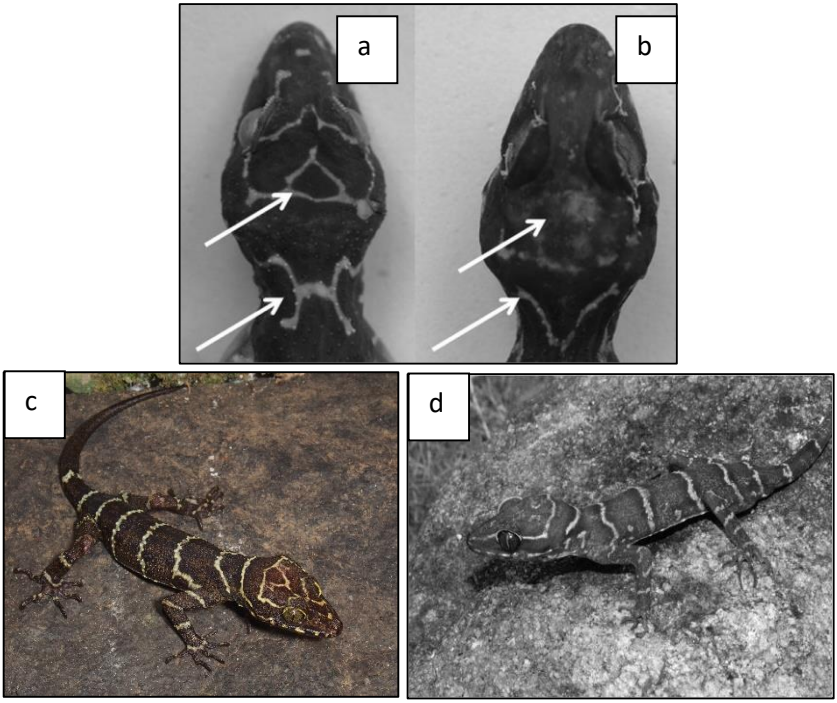
Clade C terdiri atas *C. consobrinus* dari Sumatra Barat dan Sarawak, *C. semicinctus* dari Jambi, *C. lateralis* dari Aceh, *C. cf psarops* dari Sumatra Utara dan Sumatra Barat, *C. cf marmoratus* dari Sumatra Utara. *Clade* C didukung dengan nilai *bootstrap* (MLBS=85,

MPBS=-, BPP=95) yang menunjukkan bahwa *clade* ini memiliki hasil topologi yang valid. *Clade* C ini terbagi atas 2 kelompok, yaitu *subclade* I dan II. *Subclade* II terbagi atas *subclade* kecil yaitu IIa dan IIb. Nilai *bootstrap* >70 pada ML dan MP menunjukkan topologi pohon didukung oleh *bootstrap* yang valid. Analisis BI dikatakan menunjukkan cabang pohon yang valid apabila nilai *bootstrap* mencapai 95 (Wood dkk., 2012).

Subclade CI terdiri atas *C. consobrinus* dari Sumatra Barat dan Sarawak. *Subclade* I mempunyai hubungan monofiletik yang didukung dengan nilai *bootstrap* (MLBS=100, MPBS=99, BPP=100) yang menunjukkan hasil topologi pohon yang valid. Hasil rekonstruksi pada *subclade* I mengindikasikan bahwa dalam tingkat persebaran yang luas *C. consobrinus* masih dalam satu *clade* dengan nilai *p-distance* 10%. Hasil ini menunjukkan kesamaan dengan penelitian yang dilakukan Wood dkk. (2012). *C. consobrinus* berada dalam satu *clade* dengan *C. caverniculos*, *C. malaynus*, *C. consobrinus* dari Sumatra. *C. consobrinus* merupakan *sister lineage* dari spesies complex *C. irregularis*. *C. consobrinus* merupakan spesies yang berkerabat dekat dengan *C. irregularis* (Wood dkk., 2012). *C. consobrinus* memiliki karakter morfologi yang sangat mirip dengan *C. aurensis* (Grismer, 2005) dan *C. hikidai* (Riyanto dkk., 2012). Perbandingan morfologi dapat ditinjau pada Gambar 12. Hasil analisis menunjukkan bahwa *C. consobrinus* dapat digolongkan dalam spesies complex. Hasil penelitian Wood dkk. (2012) menjelaskan bahwa posisi *C. consobrinus* dengan *C. aurensis* terpisah oleh *clade*. *C. consobrinus* ikut dalam *clade* Borneo dan Sumatra sedangkan *C. aurensis* ikut dalam *clade* Filipina.



Gambar 11. Filogram *Maximum likelihood*, *Maximum Parsimony* dan *Bayesian Inference* berdasarkan Gen ND4 di Jawa dan Sumatra. Ket: '*'=*bootstrap* 100.



(Riyanto dkk, 2015; Grismer, 2005)

Gambar 12. Perbandingan morfologi bagian dorsal. Ket: a) *C. consobrinus*; b) *C. hikidai*; c) C. *consobrinus*; d). C. *aurensis*

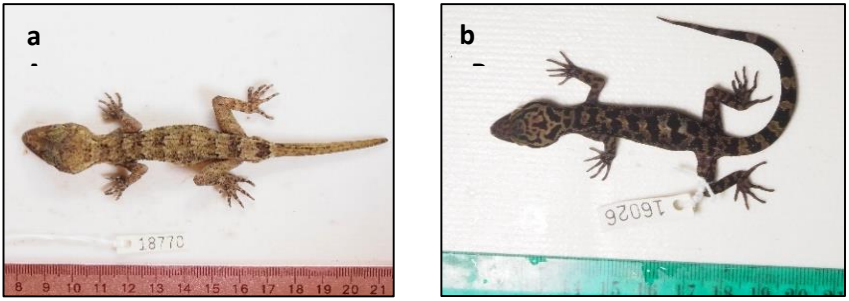
Berdasarkan Gambar 12, *C. consobrinus* memiliki pola warna pada kepala hingga tengkuk berwarna putih yang saling menyambung membentuk pola *triangle*. Berbeda dengan *C. hikidai* memiliki pola warna yang hampir mirip dengan *C. consobrinus*, hanya yang membedakan pada garis yang membentuk pola *triangle* tidak terlihat jelas. Ditinjau dari karakter SVL, *C. consobrinus* memiliki total SVL 121 mm, sedangkan *C. aurensis* dan *C. hikidai* masing-masing 92-94 dan 72-100 mm. Bagian dorsal memiliki pola garis yang berwarna putih melintang membelah bagian dorsal seperti menjadi beberapa segmen. Seperti halnya pada *C. hikidai*, perbedaan *C. consobrinus* dan *C. aurensis*

hanya pada pola garis di tengkuk hingga kepala (Grismer, 2005 dalam Riyanto dkk., 2012).

Subclade II terdiri dari *subclade* kecil IIa dan IIb. *Subclade* IIa terdiri dari *C. semicinctus* dari Jambi dan *C. lateralis*. *Subclade* ini tidak didukung dengan nilai *bootstrap* (MLBS=57, MPBS=-, BPP=54). *Subclade* IIa merupakan perpaduan dua spesies yang berada pada satu *clade.* Hasil ini menunjukkan perbedaan pengelompokan pada *C. semicinctus* yang pada penelitian Harvey dkk. (2015). Posisi *C. semicinctus* berada dalam satu *clade* dengan *C. semenanjungensis* (Grismer & Leong, 2005) dengan nilai dukung *bootstrap* MLBS dan BPP 92 dan 100. Sama halnya dengan *C. lateralis,* posisi *C. lateralis* pada penelitian ini berkerabat dengan *C. semicinctus* namun nilai *bootstrap* pada penelitian ini belum bisa dikatakan sebagai *sister* spesies. Harvey dkk. (2016) menyatakan bahwa *C. lateralis* masuk dalam *clade C. spinosus, C. durio, C. nuaulu, C. stresemanni,* dan *C. serratus* yang dicirikan dengan tuberkel yang mirip duri pada lipatan *ventrolateral* dan ekor.

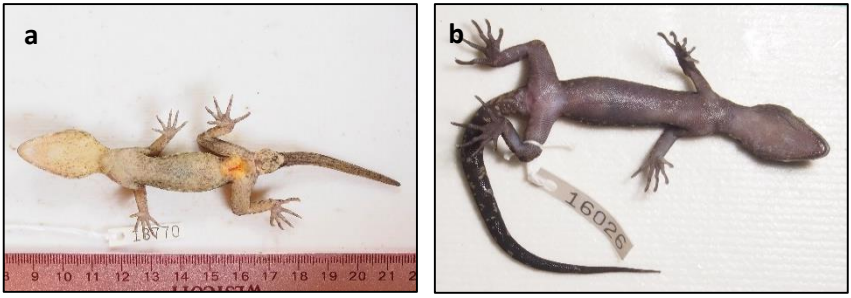
Karakter morfologi pada gambar 13 menunjukkan adanya perbedaan yang sangat jelas. Bagian dorsal *C. lateralis* berwarna kecoklatan dengan bercak hitam kepucatan dan tuberkel yang mirip dengan duri pada tubuhnya. Perbedaan yang sangat terlihat pada *C. semicinctus* dan *C. lateralis* dilihat dari pola corak warna yang ada pada bagian dorsal. *C. semicinctus* memiliki warna coklat mengkilap dengan warna bercak hitam yang tersusun menutupi warna coklat. Bercak hitam pada bagian kepala sebanyak 5-7 dan badan sebanyak 7-9 (Harvey dkk., 2015). *C.lateralis* memiliki warna coklat kehitaman dengan pola bercak abu-abu pada bagian kepala hingga ekor.

Pola sisik *femoral* dan *precloacal* memiliki perbedaan yang sangat jelas. Pola sisik *femoral* dapat ditinjau pada gambar 14. *C. lateralis* memiliki sisik besar *femoral* yang tidak menyambung satu sama lain, dengan jumlah 5-7. Pola *precloacal C. lateralis* adalah *wide,* dimana terdapat pori berjumlah 9. *C. semicinctus* terjadi perbesaran sisik *femoral* dan pori yang menyambung dengan sisik *precloacal* jumlah 36-38. Bentuk *precloacal* subtriangular. Menurut Harvey dkk. (2016), *C. lateralis* merupakan spesies endemik Sumatra Barat dan Aceh, yang dicirikan dengan tuberkel tubuh seperti duri. Pola *precloacal* berbentuk *wide* dengan pore berjumlah 9-13.



(Dokumentasi ENS, 2014)

Gambar 13. Perbandingan karakter morfologi. Ket: a) *C. lateralis*; b) *C. semicinctus*



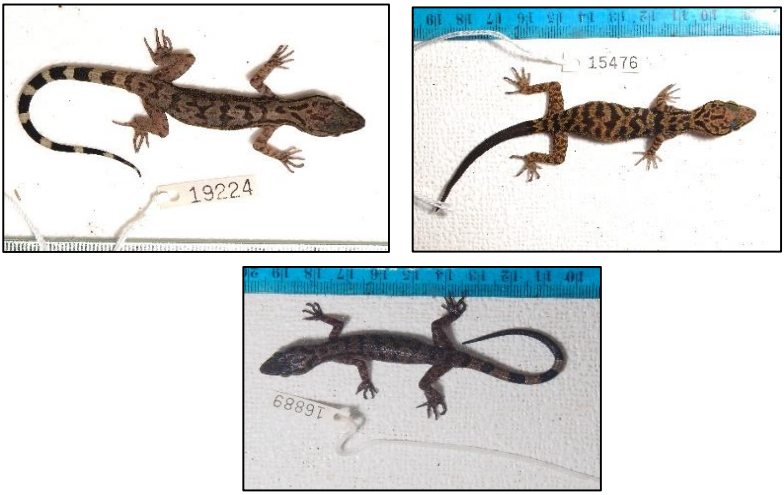
(Dokumentasi ENS, 2014)

Gambar 14. Perbandingan karakter morfologi bagian ventral. Ket: a) *C. lateralis*; b) *C. semicinctus*

Subclade IIb terdiri atas *C. cf psarops* dari Sumatra Barat dan Sumatra Utara serta *C. cf. marmoratus* dari Sumatra Utara. *Subclade* IIb memiliki *subclade* kecil IIba yaitu *C. cf psarops* dari Payakumbuh, Sumatra Barat dan Tapanuli, Sumatra Utara. *Subclade* IIb didukung dengan nilai *bootstrap* yang valid (MLBS=96, MPBS=-, BPP=93). Munculnya *subclade C. cf psarops* dari Tapanuli dan Payakumbuh didukung dengan nilai *bootstrap* yang baik (MLBS=100, MPBS=100, BPP=100). Perbedaan *clade C. cf psarops* dari Tapanuli dan Payakumbuh dengan

Karo Sumatra Utara disebabkan perbedan nilai genetis *p-distance* sebesar 25%. *Subclade* IIba merupakan *clade* Sumatra yang termasuk dalam wilayah dataran tinggi dimana *C. cf psarops* dari Tapanuli dan Payakumbuh masuk ke dalam *subclade* IIba dengan nilai *p-distance* 3%. Berbeda dengan *C. cf psarops* yang berasal dari Karo Sumatra Utara yang merupakan wilayah dataran rendah mengalami variasi genetik akibat kondisi lingkungan sehingga mengalami pemisahan *clade*. Hasil filogram mengindikasikan bahwa *C. cf. psarops* masih dalam satu spesies namun terpisah dalam skala *clade*. Hasil penelitian ini sama dengan yang dilakukan oleh Harvey dkk. (2015) yang menyatakan bahwa posisi *C. psarops* merupakan *sister lineage* dari *C. semicinctus* dan *C. semenanjungensis*. Namun, dalam penelitian ini tidak didukung dengan nilai *bootstrap* yang signifikn (MLBS=74, MPBS=-, BPP=76).

Secara morfologi *C. cf psarops* dari Tapanuli dan Payakumbuh memiliki kesamaaan dengan *C. cf psarops* dari Karo Sumatra Utara. Karakter morfologi *C. cf psarops* dapat ditinjau pada gambar 15. Berdasarkan gambar 15, *C. cf psarops* memiliki total SVL 50,8-68,8. Warna tubuh kuning kecoklatan hingga coklat kehitaman. Pola garis coklat hingga kehitaman di bagian dorsal tersusun melintang yang saling menyambung satu sama lain. Pola garis warna bagian dorsal tersusun hingga bagian tengkuk terdapat sepasang garis yang menghubungkan pola garis pada kepala. *C. cf psarops* memiliki variasi morfologi yang sangat beragam. Identifikasi secara morfologi didapatkan beragamnya pola *pattern* pada bagian dorsal. Hal ini didukung dengan tingkat polimorfisme yang tinggi pada sekuens gen ND4.

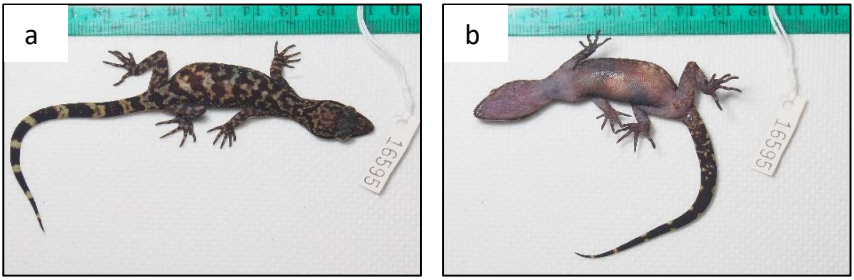


(Dokumentasi ENS, 2014)

Gambar 15. Persamaan karakter morfologi *C. cf psarops*

Subclade IIb terdapat satu spesies yang cukup unik yaitu *C. cf marmoratus.* Spesies ini masuk dalam *clade C. cf psarops*. Hasil ini didukung dengan nilai *bootstrap* (MLBS=27, MPBS=-, BPP =-) yang menunjukkan hasil ini tidak memiliki topologi yang valid. Ditinjau dari segi morfologi (Gambar 16) spesies ini lebih mirip dengan *C. marmoratus*, namun tidak mengelompok dengan *C. marmoratus* namun ikut ke dalam *clade C. psarops.*

Berdasarkan Gambar 16, *C. cf. marmoratus* memiliki warna coklat kehitaman dengan bercak putih yang ada pada seluruh bagian tubuh. Terdapat pola garis hitam pada mulut yang melewati hingga tengkuk. Pada tangan dan lipatan *ventrolateral* tidak terdapat tuberkel. Sisik ventral berjumlah 34, sisik besar *precloacal* sebanyak 7 dan terjadi perbesaran sisik *femoral* yang menyambung dengan jumlah 34. Karakter yang unik yaitu terdapat sisik besar setelah sisik *precloacal*. Perbandingan morfologi pada semua spesies yang digunakan dalam penelitian ini tidak terdapat kesamaan dari semua sampel yang digunakan.



(Dokumentasi ENS, 2014)

Gambar 16. Karakter morfologi *C. cf. marmoratus*. Ket: a) Bagian dorsal; b) Bagian ventral

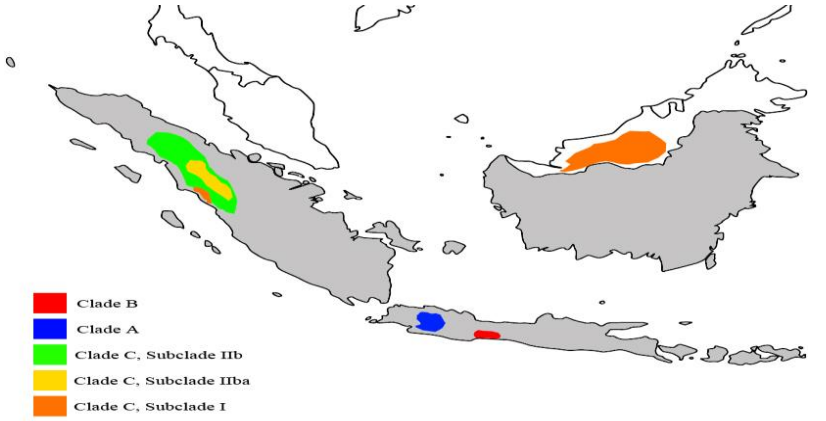
Berdasarkan Gambar 16, *C. cf. marmoratus* memiliki warna coklat kehitaman dengan bercak putih yang ada pada seluruh bagian tubuh. Terdapat pola garis hitam pada mulut yang melewati hingga tengkuk. Pada tangan dan lipatan *ventrolateral* tidak terdapat tuberkel. Sisik ventral berjumlah 34, sisik besar *precloacal* sebanyak 7 dan terjadi perbesaran sisik *femoral* yang menyambung dengan jumlah 34. Karakter yang unik yaitu terdapat sisik besar setelah sisik *precloacal*. Perbandingan morfologi pada semua spesies yang digunakan dalam penelitian ini tidak terdapat kesamaan dari semua sampel yang digunakan.

4.3 Zoogeografi Genus *Cyrtodactylus* di Jawa dan Sumatra Berdasarkan Analisis Filogenetik

Berdasarkan hubungan kekerabatan *Cyrtodactylus* yang ditinjau dari pohon filogenetik menghasilkan persebaran dan pengelompokan dalam tiga *clade*. *Clade* A dan B memiliki perbedaan pengelompokan pada wilayah Jawa Tengah dan Jawa Barat meskipun berada dalam satu populasi pulau Jawa. *Clade* C merupakan *clade* yang memiliki persebaran cakupan wilayah Sumatra Utara, Sumatra Barat, Jambi dan Sarawak. Hasil zoogeografi dari hasil filogenetik dapat ditinjau pada gambar 17.

Subclade IIb merupakan spesies *C. consobrinus* dari Sumatra Barat dan Sarawak memiliki kedekatan dalam skala *clade*. Perbedaan populasi pada dua pulau ini namun masih berkerabat dikarenakan pada masa glasiasi Pleistosen, air laut terakumulasi pada kutub sehingga mempengaruhi level air laut yang mengalami penurunan hingga 150 m.

Akibat hal ini laut dangkal mengalami pengeringan dan perluasan, sehingga menghubungkan Sumatra, Jawa, Semenanjung Malaya dan Kalimantan dan membentuk Paparan Sunda (Bird dkk., 2005). Perluasan persebaran dari suatu spesies berimplikasi pada keragaman genetik dari daratan utama dan populasi pulau suatu spesies yang disebabkan adaptasi terhadap lingkungan (Pelejero dkk., 1999). *C. consobrinus* juga ditemukan pada wilayah Semenanjung Malaya, hal ini dapat dikatakan bahwa asal penggabungan dan pemisahan Paparan Sunda mempengaruhi persebaran dari spesies ini.



Gambar 17. Peta persebaran *Cyrtodactylus* di Jawa dan Sumatra berdasarkan analisis gen ND4

Subclade IIba merupakan *clade Cyrtodactylus* Sumatra yang termasuk dalam wilayah dataran tinggi. Spesies *C. cf psarops* dari Tapanuli dan Payakumbuh masuk ke dalam *subclade* IIba. Berbeda dengan *C. cf psarops* yang berasal dari Karo, Sumatra Utara, yang merupakan wilayah dataran tinggi mengalami variasi genetik akibat kondisi geografis lingkungan. Munculnya pengelompokan dalam tingkat intraspesies *C. cf psarops* disebabkan adanya barier geografi, yaitu Danau Toba yang menyebabkan pemisahan populasi. Terpisahnya antar populasi dalam jangka waktu yang panjang menyebabkan adanya diferensiasi dan variasi genetik yang diakibatkan terputusnya aliran gen dari populasi induk (Bohlen dkk., 2011). *Clade* IIb terdapat satu spesies *C. cf marmoratus*

dari Pulau Samosir, memiliki ciri morfologi yang sangat berbeda dari spesies yang ada pada pengelompokan *clade* CII. Danau toba merupakan hasil dari erupsi gunung vulkanik Toba yang terjadi sekitar 95 ribu tahun yang lalu (*last pleistoene*) yang memunculkan pulau Samosir sebagai hasil letusan vulkanik. Selain itu, hasil letusan tersebut memberikan pengaruh kepada fauna untuk melakukan migrasi ke pulau-pulau di sekitar Sumatra (Louys, 2007). Iklim yang dingin setelah letusan vulkanik memungkinkan fauna kembali ke Sumatra (Wilting dkk., 2012). Proses adaptasi yang baru ini memunculkan variasi baru yang disebabkan spesiasi akibat isolasi reproduksi dari kontinen daratan utama (Morley dkk., 2000).

Pengelompokan *Cyrtodactylus* di Jawa yang didapatkan dari rekonstruksi filogenetik menjadi dua *clade* besar menjelaskan bahwa Jawa terbagi atas populasi-populasi kecil akibat barier pegunungan yang terisolasi tanpa ada penghubung (Matsui dkk., 2010). *C. marmoratus* dari Sukabumi, Jawa Barat, berada pada populasi yang berada pada lembah gunung yang memungkinkan spesies ini terisolir. Hal ini menyebabkan adaptasi pada lingkungan yang baru sehingga memunculkan diferensiasi morfologi akibat ekspresi gen yang berubah (Nei & Kumar, 2000). Barisan pegunungan di pusat Jawa Barat, mulai dari bagian tengah hingga selatan pulau Jawa juga membentuk lembah-lembah yang tidak memiliki jalur penghubung. Hal ini memungkinkan terbentuknya barier geografi yang memisahkan *clade* A dan B, dimana keduanya masih dalam satu pulau dengan perseberan yang berdekatan.

Berdasarkan pohon filogenetik, *C. marmoratus* dari pulau Nusakambangan mengelompok dengan *C. semiadii* dari Cilacap. Secara morfologi kedua spesies ini sangat berbeda jauh namun ditinjau dari filogram menunjukkan spesies ini memiliki kekerabatan yang sangat dekat. Ditinjau dari lokasi *C. marmoratus* dari Nusakambangan, pulau Nusakambangan tidak pernah menyambung dengan populasi besar dari daratan utama Jawa. Hal ini dapat diasumsikan bahwa pemisahan *clade* yang ada pada pada pulau Jawa disebabkan oleh dua barier geografis yaitu pegunungan dan laut (Pyron & Frank, 2010). Populasi *C. marmoratus* dari Sukabumi terhalang oleh kontinen dataran tinggi yang membentang pada bagian selatan pulau Jawa. Hal ini menyebabkan terjadinya spesiasi allopatrik yang disebabkan isolasi geografis dan habitat dari populasi *C. marmoratus* dari Nusakambangan. Menurut Frank (2010), jenis barier seperti gunung dan laut akan mempengaruhi penghambatan penyebaran yang akan berimplikasi pada tipe model penyebaran suatu fauna. Barier

geografis pada dua populasi ini dapat digolongkan dalam perubahan kondisi lingkungan yang dimana fauna akan melakukan adaptasi secara fisiologis untuk dapat hidup pada variasi lingkungan yang luas (Pyron & Frank, 2010). Kasus spesiasi alopatrik terjadi akibat pemisahan satu populasi menjadi subpopulasi yang terbagi dalam suatu area dimana habitat yang ditempati subpopulasi yang terisolasi dan masih belum sesuai dengan populasi awal (Pyron & Frank, 2010). Spesiasi alopatrik sangat dipengaruhi subtansi geografis dimana gunung, sungai dan laut dapat menjadi salah satu faktor terjadinya spesiasi. Penghambatan aliran gen dari populasi induk akan mempengaruhi fauna untuk melakukan adaptasi sehingga memunculkan variasi dan terbentuknya spesies baru (White, 1978). Perubahan kondisi ekologis dalam suatu populasi maupun subpopulasi pada area yang berbeda juga akan berpengaruh dalam hal percepatan spesiasi fauna (Hickerson & Meyer, 2008).

Persebaran *Cyrtodactylus* yang hampir ditemukan pada seluruh Paparan Sunda diakibatkan karena adanya peristiwa penggabungan dan pemisahan daratan pada masa Pleistosen. Pemisahan ini juga didukung oleh peristiwa erupsi supervulkanik Toba sehingga menyebabkan *Cyrtodactylus* melalukan migrasi melewati dasar laut untuk menghindari erupsi (Louys, 2007). Menurut Wilting dkk. (2012), sejarah evolusi spesies di Paparan Sunda dipengaruhi oleh lingkungan, tektonik dan dinamika fauna. Model persebaran *vicariant* di Paparan Sunda tidak dapat dilepaskan dari konstruksi jembatan bawah tanah yang terbentang di bawah air yang menghubungkan Sumatra, Kalimantan, Jawa dan Semenanjung Malaya. Sejarah persebaran fauna juga disebutkan bahwa Semenanjung Malaya menjadi zona transisis persebaran fauna, namun pada akhir Pleistosen daratan lebih rendah dibandingkan air laut sehingga beberapa spesies rentan mengalami kepunahan pada zona transisi ini (Woodruff & Turner, 2009). Terbentuknya barisan Bukit Barisan pada bagian selatan Sumatra juga mempengaruhi persebaran *Cyrtodactylus* di Sumatra. Spesies endemik Sumatra (*C. lateralis*) hanya dapat ditemukan di wilayah Aceh dan Sumatra Utara. Hal ini memperkuat hipotesis bahwa bukit barisan membagi Sumatra menjadi empat bagian, yaitu dataran tinggi, dataran rendah, Sumatra bagian bawah dan Sumatra bagian atas (Bishop , 2001).

Wilayah Jawa memiliki sedikit spesies *Cyrtodactylus*. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik pulau Jawa pada masa akhir Pleistosen dimana abu vulkanik dan lava menutupi hampir seluruh wilayah, serta memungkinkan beberapa spesies lokal mengalami kepunahan (Raven, 1935). Hal ini didukung oleh penelitian Mayr (1939)

yang menyatakan bahwa miskinnya fauna di Jawa disebabkan usia geologi yang masih muda serta aktivitas vulkano yang tinggi membatasi fauna untuk berkolonisasi. Aktivitas vulkano umumnya berada pada lokasi yang terpencil namun akan mempengaruhi pada kawasan yang luas. Pulau Jawa memiliki 59 vulkano muda pada ketinggian di atas 2000 m serta beberapa sisa vulkano hasil periode Tersier. Hal ini menjadi salah satu alasan Jawa memiliki diversitas fauna yang sedikit bila dibandingkan dengan Kalimantan dan Sumatra. Meninjau pada topografi Jawa yang sekarang, pulau Jawa merupakan daerah yang sebagian besar adalah hutan dataran rendah yang kini telah ditebangi dan tidak ada lagi. Hanya sedikit hutan pegunungan yang masih ada saat ini dan membentuk habitat pulau-pulau yang terisolasi tanpa penghubung di antaranya. Kondisi menghambat terjadinya persebaran dan aliran gen antara populasi dari barat dan pusat Jawa (Matsui dkk., 2010).

Paparan Sunda memiliki diversitas *Cyrtodactylus* yang sangat beragam. Mengacu pada penelitian sebelumnya dari pulau Sumatra telah ditemukan spesies baru yaitu *C. semicinctus* (Harvey dkk., 2015), *C. psarops* (Harvey dkk., 2015). Sama halnya dengan Jawa telah ditemukan tiga spesis baru antara lain *C. semiadii* (Riyanto dkk., 2014), *C. petanii* (Riyanto dkk., 2015), *C. klakahensis* (Hartman dkk., 2016). Wilayah Borneo hanya diketahui 8 spesies yang telah dideskripsikan oleh Hikida 1990 antara lain *C. cavernicolus, C. malayanus, C hikidaii, C. yoshii, C. baluensis, C. ingerii, C. consobrinus, C. pubisulcus*. *Cyrtodactylus* dari Kalimantan diketahui ditemukan jenis baru oleh peneliti LIPI dengan mendeskripsikan dua spesies baru yaitu *C. hikidaii* (Riyanto dkk., 2014) dan *C. nunukan* (Riyanto dkk., 2016). Banyaknya ditemukan spesies baru di kawasan Paparan Sunda sangat mungkin diakibatkan dari spesiasi yang terjadi di Papara Sunda. Beragamnya spesies *Cyrtodactylus* mengindikasikan bahwa Paparan Sunda merupakan hotspot biodiversitas (Bird dkk., 2005). Hal ini juga disebabkan karena spesiasi yang disebabkan adanya barier yang terjadi pada periode Eosen hingga Pleistosen. Barier geografis akan menyebabkan timbulnya batas reproduksi genetis dalam tingkat intraspesies maupun antarspesies (Coyne, 1992). Seleksi alam dan terputusnya aliran gen menyebabkan suatu populasi akan terjadi perbedaan dan penyimpangan genetik yang disebabkan terpisah dari populasi awal dalam waktu yang lama, sehingga akan memunculkan spesies baru.

Kompleksitas konstruksi Paparan Sunda berpengaruh terhadap habitat, iklim, vegetasi dan geografis yang berulang kali mengalami perubahan. Perubahan dan variasi genetik yang ada pada Paparan Sunda

disebabkan perubahan iklim basah menjadi kering pada masa periode Pleistosen (Wurster dkk., 2010). Menurut Louys & Meijaard (2010), periode Pleistosen akhir memiliki iklim kering dengan habitat yang sangat bervariasi, sedangkan masa pertengahan Pleistosen beriklim basah dengan habitat tertutup. Pada beberapa kelompok fauna seperti *Cyrtodactylus* sangat dipengaruhi oleh tipe habitat dan geografis. *Cyrtodactylus* dapat satu populasi dapat ditemui dalam beberapa spesies. Hal ini menunjukkan bahwa genus ini beragam karena memiliki tipe spesiasi *syntopic* (Loos dkk., 2012). Perubahan habitat di Paparan Sunda secara tidak langsung mempengaruhi keberagaman jenis dari genus *Cyrtodactylus*. Perubahan tipe makanan dan mikrohabitat yang berada dalam satu populasi spesies akan mempengaruhi variasi genetik (Rivas, 1964). Terjadinya variasi genetik dalam satu populasi dengan jangka waktu yang panjang, kemudian ditambah terjadinya *interbreeding* akan mengalami spesiasi hingga terbentuk spesies baru. Menurut Morgan dkk. (2011) pengulangan kontraksi penyempitan dan perluasan habitat sebagai efek dari fluktuasi iklim Pleistosen menyebabkan pengaruh pada diversifikasi dan spesiasi dalam tingkat interspesies maupun intraspesies.

4.4 Sifat Adaptif *Cyrtodactylus*

Cyrtodactylus memiliki persebaran yang sangat luas dimulai dari Tibet, India hingga Asia Tenggara serta Australia (Uetz, 2015). Namun, pada kawasan Melanesia, lebih dari 90 % *Cyrtodactylus* dapat ditemukan pada kawasan di Barat garis Wallacea. Hal ini juga memunculkan histori persebaran dengan kawasan Indo-Papuan Australia yang diakbatkan *diversification* secara *in situ* (Hayden dkk, 2008). Persebaran yang luas disebabkan *Cyrtodactylus* memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi pada beberapa kondisi ekologis. Selain itu, *Cyrtodactylus* adaptive terhadap kawasan yang kering dan tahan terhadap keasaman suatu tanah maupun air (Brown & Duffy, 1992). Adaptasi yang ditunjukkan dari kondisi ekologi yang berbeda yaitu beragamnya ukuran, karakter *pore*, sisik, dan pola warna. Grismer dkk (2015), beragamnya variasi yang ada pada *Cyrtodactylus* diakibatkan adapatasi yang ada pada berbagai *range* tipe habitat. *Cyrtodactylus* memiliki preferensi mikrohabitat yang tinggi, dengan menghuni kawasan batuan kapur, cekungan gua, tumbuhan riparian, hutan lebat, rawa dan kawasan bukan hutan (Nguyen dkk, 2006; Welton dkk, 2010; Bauer & Doughty, 2012).

Faktor habitat akan mempengaruhi fisiologis, molekuler dan morfologi dari suatu organisme. Secara fisiologis, *Cyrtodactylus*

merespon perubahan habitat dengan merubah respon *signaling* kimiawi pada lingkungan di sekitar yang ditunjukkan dengan bertambah atau berkurangnya jumlah *femoral pore* (Arnold & Ovenden, 2004). Lingkungan yang berupa vegetasi menyebabkan perubahan pola penyerapan dan absorbsi molekul (Baeckens dkk, 2014). Ketinggian tempat juga akan mempengaruhi *Cyrtodactylus* yang ditunjukkan dengan perilaku dan perubahan corak warna. Secara perilaku, *Cyrtodactylus* akan mengubah ATP dari proses metabolisme menjadi kalor untuk menjaga termoregulasi suhu tubuhnya sehingga, *Cyrtodactylus* cenderung berdiam pada suatu tempat . Interkasi ini menyebabkan perubahan mutasi DNA yang disebabkan adanya proses signaling protein yang dihasilkan dari proses mekanisme sintesis protein. Secara morfologi, tuberkel *post cloacal* mengalami perubahan yang disebabkan oleh perubahan substrat dari habitatnya (Russel dkk, 2015). Perbedaan letak, ukuran dan jumlah dari tuberkel *post-cloacal* menyebabkan perubahan cara reproduksi dari *Cyrtodactylus*. Hal ini sangat mempengaruhi spesiasi dari Genus *Cyrtodactylus*.