

SIGNIFIKANSI SELEKSI SEKS *LITTORARIA SCABRA* (GASTROPODA: LITTORINIDAE), DI MANGROVE TOMBARIRI*(Sexual Selection Significance of Littoraria scabra (Gastropoda: Littorinidae) in Tombariri Mangrove)***Jans D. Lalita**Faculty of Marine Science, Sam Ratulangi University, Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115.  
Fax. (0431)868027. Present address: e-mail; [jans.lalita@gmail.com](mailto:jans.lalita@gmail.com)

Manuscript received: 2 Maret 2023. Revision accepted: 23 Maret 2023

## Abstract

Evidence for sexual selection was found in *Littoraria scabra* in gastropods as low-level animals with various fact big female preference strong to follow the mucosal track of big females, male-male competition for copulating big female, fire frequency of being the big female shell and big male mating longer time on the big female.

**Keywords:** *Littoraria scabra*, sexual selection, mucosal track, mating, mangrove

## Abstrak

Temuan penelitian signifikansi seleksi seksual *L. scabra* beroperasi dalam gastropoda sebagai hewan tingkat rendah adalah terbukti dengan berbagai fakta preferensi kuat jantan yang besar ikut jejak betina besar, kompetisi antar jantan bagi kopulasi dengan betina besar, frekuensi lebih banyak jantan besar menaiki cangkang betina besar dan jantan besar kopulasi lebih lama pada betina besar.

**Kata Kunci.** - *Littoraria scabra*, seleksi seks, jejak mukosa, kawin dan mangrove

## PENDAHULUAN

Darwin sendiri menyatakan bahwa gastropoda, sebagai “hewan tingkat rendah”, kekurangan saraf, terlalu tidak sempurna inderanya, kekurangan saraf untuk memilih kawin, dan tidak mampu dalam perebutan untuk kawin (Darwin, 1871). Publikasi-publikasi seleksi seks kelompok gastropoda adalah sangat langka yang menyebabkan ketinggalan beberapa dekade dengan insekta; dengan demikian, investigasi species gastropoda ini diharapkan membantu pemahaman yang lebih baik mengenai cara kerja seleksi seks dalam “hewan tingkat rendah” (Ng, 2013).

Menurut Ng (2013) dan Lalita (2016), signifikansi seleksi seks dan reproduksi *Littoraria spp.*, yakni: (1) peran betina mengendalikan seleksi kawin jantan (Bonduriansky, 2001; Edward dan Chapman, 2011), signifikansi betina menyimpan sperma (Reid, 1989; Buckland-Nicks *et al.*, 1999); konsekuensinya, menciptakan potensi bagi kompetisi sperma; (2) signifikansi

filogeni berhasil mengatasi kebingungan dalam taksonomi genera *Littoraria* dan subfamili Littorininae dengan data morfologi dan data molekuler (Reid dan Williams, 2004; Reid, 2009; Reid *et al.*, 2010, 2012) yang memungkinkan rekonstruksi sejarah evolusi sifat-sifat reproduksi dalam famili Littorinidae ini.

Jantan-jantan, pada tahap ikut jejak, barangkali mampu untuk mendapatkan informasi tentang kualitas betina seperti ukuran tubuh atau infeksi parasit, dan dengan demikian; suatu indikasi fekunditas betina, sebab fekunditas meningkat dengan ukuran dan keong-keong dapat menjadi steril dalam respons terhadap infeksi trematoda (Norton dan Bronson, 2006). Dalam Littorinids, jantan-jantan menunjukkan suatu preferensi untuk kawin lebih sering dan kopulasi lebih panjang, dengan betina-betina yang lebih besar.

Keong-keong littorinids mangrove, *Littoraria arduiniana* dan *L. melanostoma*, jantan-jantan kedua species menyukai untuk mengikuti betina-betina dari speciesnya sendiri

selama musim kawin (Ng *et al.*, 2011). Variasi temporal ini dalam preferensi menandakan baik variasi dalam kualitas jejak betina dan adanya daya tarik spesifik species selama musim kawin. Umumnya, gastropoda jantan nampak lebih sukar dalam membedakan betina-betina species yang sama dari betina-betina species yang lain ketika species sangat dekat kekerabatan (Bousfield *et al.*, 1981). Dengan demikian, evolusi berdasarkan jejak, barrier pre-zigot untuk kawin barangkali dihambat oleh dekatnya hubungan-hubungan filogenetis.

Mengingat langkanya informasi signifikansi seleksi seks *Littoraria scabra*. Oleh karena itu, penelitian ini dibutuhkan data dan informasi dalam rangka untuk mengungkap signifikansi seleksi seks, *Littoraria scabra* serta juga untuk merealisasikan upaya pengelolaan konservasi *Littoraria scabra* di habitat ekosistem mangrove. Publikasi-publikasi seleksi seks *Littoraria scabra* amat langka; dengan demikian, investigasi dalam species ini akan membantu pemahaman yang lebih baik mengenai cara kerja seleksi seks dalam “hewan tingkat rendah”. Oleh karena itu, bertolak dari latar belakang pemikiran terhadap kajian signifikansi seleksi seks, *Littoraria scabra* ekosistem mangrove di atas, dirumuskan masalah, sebagai berikut : Bagaimana signifikansi seleksi seks *L. scabra* dengan pelacakan kawin pada jejak mukosa dari preferensi jantan terhadap betina berukuran besar yang terbatas demi kelangsungan hidupnya di ekosistem mangrove yang ekstrim.

## METODE

Metode paling umum bagi penyelidikan jejak mukosa adalah melacak gerakan-gerakan dari suatu keong penanda ‘marker’ dan suatu keong pelacak ‘tracker’ dalam suatu arena percobaan. Tipikal suatu keong penanda tunggal adalah dilepaskan pertama dan diijinkan untuk bergerak; suatu keong pelacak kemudian dilepaskan pada atau dekat jejak (Townsend, 1974; Chase *et al.*, 1978; Chelazzi *et al.*, 1983; Erlandsson dan

Kostylev, 1995; Edwards dan Davies, 2002; Hutchinson *et al.*, 2007; Ng *et al.*, 2011 dan Ng, 2013). Keong-keong jantan pelacak terhadap keong betina penanda; kemudian keong pelacak dipetakan dan kedua panjang diukur, panjang tumpang tindih jejak antara keong jantan pelacak dan keong betina penanda pada jarak ikuti jejak.

Koleksi hewan adalah ukuran besar (20-26 mm), matang (> 10 mm) *Littoraria scabra*. Sampel *L. scabra* diambil dari pohon mangrove, terutama *Sonneratio sp*, *Avicennia sp* dan *Rhizophora sp*. Keong-keong uji dibedakan kelamin di lapang satu per satu cangkangnya untuk membedakan apa keong memiliki penis atau tidak. Kelamin dipisahkan untuk mencegah kawin dan untuk memastikan kelamin jantan atau betina.

Keong-keong jantan dan betina di laboratorium, dipertahankan terpisah dalam tank pada suhu 27-29 °C dalam musim kawin tanpa air dan tanpa makanan semalam serta semua percobaan dilakukan pada hari sesudah koleksi. Jantan *Littoraria* umumnya kawin dengan betina pada hari berikutnya sesudah koleksi dari lapang. Dalam laboratorium, jantan dan betina lebih lanjut dipisahkan ke dalam dua kelompok ukuran (kecil: 10-18 mm; besar: 20-30 mm). Tidak ada air maupun makanan disediakan sebagaimana semua dikerjakan sesudah koleksi.

Berbagai kombinasi species yang sama kelamin dan species yang berbeda kelamin, keong diuji untuk menentukan respons terhadap jejak-jejak mukosa. Kondisi percobaan didasarkan pada kondisi lingkungan hewan-hewan punya pengalaman di lapang, di mana aktifitas terutama dirangsang oleh kelembaban yang disebabkan oleh pasang dan embun serta perendaman oleh air laut umumnya dihindari. Keong-keong diaktivasi dengan percikan air destilasi. Percobaan-percobaan dilakukan dalam ruangan yang sama di mana keong-keong disimpan pada suhunya yang sama.

Penentuan jantan besar dan kecil dari *Littoraria scabra* merespon terhadap jejak-jejak mukosa yang diletakkan oleh betina-betina yang ukuran berbeda (21-26 mm), matang (> 12 mm). Ringkasnya, percobaan-percobaan dikerjakan memakai kertas-kertas *acetate* yang disemprotkan dengan *ultrapore Milli-Q water* (*Milli-pore Corp, USA*) atau air distilasi pada arena uji 50 cm x 50 cm dan keong-keong diaktivasi dengan semprot dengan *Milli-Q water* atau air distilasi sebelum percobaan-percobaan. Keong betina diposisikan pada tengah dan diijinkan untuk merangkah sampai hewan uji tersebut mencapai batas kertas, di mana keong dikeluarkan. Keong jantan kemudian dimasukan, sesudah dihomogen oleh kertas *acetate* dengan semprot *Milli-Q water* atau air destilasi. Untuk menghindari kesalahan yang disebabkan oleh orientasi tubuh sesudah dilekatkan, jantan diijinkan untuk melekat ke atas piring *acetate* lembab kecil dan kemudian diposisikan pada titik *starting* dari jejak betina. Jantan diijinkan untuk merangkah pada kertas dan dikeluarkan sekali organisme mencapai batas arena. Pengukur peta digital (ketelitian  $\pm 1$  mm; V-930, Yorter company, China) atau mistar dengan ketelitian ( $\pm 1$  mm) dipakai untuk melacak jarak betina yang bergerak dan jarak tumpang tindih dari percobaan jantan dan betina (jarak-jarak yang dikuti jejak). Penggantian "*Net displacement*" (garis langsung yang menghubungkan titik awal di mana keong meninggalkan arena) dari jejak betina diukur memakai mistar dengan satuan ( $\pm 1$  mm).

Karena musim kawin berlangsung sepanjang tahun dan puncak musim mating terjadi (bulan penuh dan bulan baru), maka bulan baru dan bulan penuh digolongkan sebagai musim kawin dan nonkawin digolongkan bulan kuartil. Dengan 30 percobaan bulan penuh, baru dan kuartil sebagai perlakuan dengan masing-masing 10 kali ulangan dari empat kombinasi kombinasi ukuran jantan- betina (jantan Besar – betina Besar, jantan Besar – betina Kecil, jantan

Kecil – betina Besar, dan jantan Kecil – betina Kecil.

Percobaan-percobaan yang diulang sebanyak 45 kali dilakukan untuk masing-masing dari empat kombinasi ukuran jantan- betina (jantan Besar – betina Besar, jantan Besar – betina Kecil, jantan Kecil – betina Besar, dan jantan Kecil – betina Kecil;  $\sum n = \sum 4$  kombinasi-kombinasi ukuran x ulangan 45 = 180). Urutan percobaan bagi kombinasi ukuran jantan – betina diacak dan keong- baru serta kertas-kertas *acetate* yang bersih dipakai dalam setiap percobaan ulangan. *Coincidence Index* (*Indeks Kebersamaan*)  $CI = [distance\ followed\ by\ tracker\ (male) / total\ trail\ distance\ of\ the\ marker\ (female)]$  (jarak diikuti oleh *tracker jantan* / total jarak jejak dari *marker, betina*) diskor mengikuti *Tortuosity Index* (*Indek Kelokan*)  $TI = (net\ displacement / distance\ travelled\ of\ male)$ , penggantian / jarak perjalanan) dari jantan yang dikuantifikasi.

Pengujian rata-rata kecepatan jantan pelacak mengikuti betina penanda dalam musim kawin dan bukan musim kawin terhadap keempat kombinasi ukuran masing pengamatan 20, jadi total 80 pengamatan, dilanjutkan dengan uji anova terhadap rata-rata kecepatan pada musim kawin dan bukan musim kawin.

#### **Analisis signifikansi seleksi seks *Littoraria scabra***

Analisis signifikansii seleksi seks hewan tingkat rendah dalam *Littoraria scabra* terjadi preferensi jantan untuk kawin dengan betina berukuran besar, maka analisis data yang dipakai dalam penelitian ini, sebagai berikut :

Indeks kebersamaan (*coincidence index, CI*) dapat dikalkulasi, sebagai berikut :

$$CI = L_c / L_m \times L_t \text{ atau } CI = L_c / L_m$$

Keterangan : Indeks kebersamaan (*Coincidence index, CI*)

$L_c$  adalah jarak (panjang) jejak-jejak tumpang tindih

$L_m$  adalah jarak (panjang) jejak keong penanda (marker)

$L_t$  adalah jarak (panjang) jejak keong pelacak (tracker)

Indeks kebersamaan (*Coincidence index, CI*) bervariasi antara 0 – 1 di mana satu menunjukkan keong pelacak (*tracker*) mengikuti jejak kong penanda (*marker*) secara lengkap, dan 0 menunjukkan bahwa tidak ada pelacakan. CI dapat dipakai sebagai suatu pengukuran relatif dari ikuti jejak dan sekali ditransformasi dengan tepat, dapat dianalisis memakai uji parametrik.

Pengujian variasi-variasi dalam *Coincidence Index (CI)* dan durasi kopulasi antara empat kombinasi ukuran jantan-betina, ANOVA satu arah dilakukan diikuti oleh uji *Student-Newman-Keul (SNK)* di mana ada perbedaan-perbedaan yang signifikan. Data diperiksa bagi persyaratan homogenitas varians dengan uji homogenitas dan transformasi data bila ditemukan data yang tidak homogen. Data frekuensi menaiki cangkang diuji dengan kenormalan (uji Kolmogorov-Smirnov) dan jika tidak memungkinkan, maka varians data memakai transformasi standar. Statistik nonparametric dengan pengujian Kruskal-Wallis dipakai untuk

membandingkan frekuensi menaiki cangkang sebelum kopulasi antara empat kombinasi ukuran betina-jantan yang dilanjutkan dengan pengujian ekuivalen nonparametrik (contoh total rank) dari *Student-Newman-Keul (SNK)*. Semua pengujian statistik dikerjakan dengan program SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Signifikansi Strategi seleksi seks *L. scabra* dengan ikut jejak

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan antara variasi *coincidence index* ikut jejak antara musim kawin dan musim tidak kawin serta antara kombinasi ukuran seks jantan-betina *L. scabra*, dapat dilihat pada Tabel 1. Di samping itu, hasil analisis lebih lanjut menunjukkan perbedaan signifikan antara variasi *coincidence index* kombinasi seks, sama jantan melacak betina di mana intensitas bagi kombinasi seks *L. scabra*, yang paling tinggi pada musim kawin bulan penuh dan kemudian musim kawin pada bulan baru dan terakhir menunjukkan signifikan pada bulan kuartil.

Tabel 1. Ringkasan perbandingan memakai Anova Dua Arah Untuk Investigasi Variasi dalam *Coincidence Index Seleksi Seks* ikut jejak antara keempat Kombinasi seks dari *L. scabra* dalam musim kawin dan bukan musim kawin

SK	DB	JK	KT	F hit	P
M. Kawin & Musim non	3	3,2510	1,6255	F1 = 37,54*	< 0,05
K. seks	3	1,6423	0,5475	F2 = 13,69*	< 0,05
Interaksi	6	0,5317	0,0886	F3 = 2,21	
Galat	16	0,6923	0,0433		
Total	28	6,1175			

Kombinasi seks: Uji SNK : JB-BB ( $\mu_1$ )  $\neq$  Jk-BB ( $\mu_2$ )  $\neq$  JB-Bk ( $\mu_3$ )  $\neq$  Jk-Bk ( $\mu_4$ )  
 Musim kawin dan bukan musim kawin : Uji SNK : ( $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ ;  $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$ )

Keterangan : Jk-BB = Jantan kecil mengikuti Betina Besar  
 JB-Bk = Jantan Besar mengikuti Betina kecil;  
 Jk-Bk = Jantan kecil mengikuti Betina kecil  
 Jk-Bk = Jantan kecil mengikuti Betina kecil

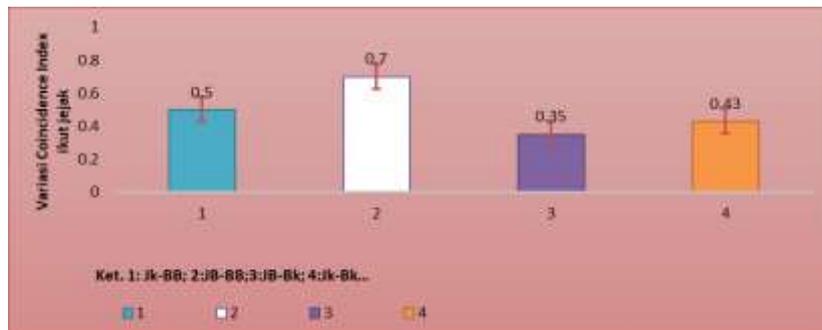
Sementara kombinasi seks berdasarkan uji SNK menunjukkan paling

tinggi dengan urutan (JB-BB dan JB-Bk =  $\mu_1$ ), (JB-BB dan Jk-Bk =  $\mu_2$ ), (JB-BB dan

JK-BB =  $\mu_3$ ). Pada musim kawin adalah tinggi ( $> CI$ ) dengan urutan ( $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$ ). Signifikan terjadi baik antara musim kawin dan bukan musim kawin maupun antara perbedaan ukuran. Signifikansi umumnya *L.scabra* adalah aktif pada musim kawin. Di samping itu, signifikansi perbedaan ukuran menunjukkan ukuran besar jantan besar selalu ikut betina besar (JB-BB).

Signifikansi jantan besar ikut betina besar (JB-BB), sebagaimana didukung dalam Gambar 1. Jantan pelacak *L. scabra* tidak selalu ikut seluruh jejak betina yang sama species selama musim kawin, suatu pola yang juga dilaporkan dalam *Littorina littorea*, menyarankan bahwa kemampuan untuk membedakan seks dari suatu jejak barangkali bervariasi antara individu jantan (Erlandsson dan Kostylev 1995, dan juga keong mangrove *Littoraria arduiniana* dan *Littoraria melanostoma* (Ng *et al.*, 2011; Ng dan Williams, 2012; Ng, 2013). Jantan melacak betina yang sama species yang menunjukkan signifikan yang lebih tinggi intensitas ikut jejak *L. scabra* (Lalita, 2016). Signifikansi tingkahlaku kawin *L. scabra* berlangsung

sepanjang tahun khususnya bulan penuh dan bulan baru. Sebab dalam bulan baru dan bulan penuh menunjukkan kawin yang tinggi sedangkan bulan kuartil agak rendah; dengan demikian, dalam penelitian ini bulan penuh dan bulan baru digolongkan musim kawin dan bulan kuartil digolongkan musim tidak kawin. Jejak mukosa dilepaskan betina dalam species yang sama menjadi media bagi jantan *L. scabra* aktif mencari betina dan mampu membedakan antara jejak mukosa yang diletakkan oleh species yang sama dan species yang berbeda dan juga antara jantan, selama musim kawin (Lalita, 2016). Dengan demikian, signifikansi pemanfaatan jejak mukosa sebagai mekanisme tingkahlaku pencarian kawin adalah terbukti juga bagi *Littoraria scabra*; yang hidup dalam kanopi vegetasi mangrove dan juga dimanfaatkan species yang berbeda dari keong mangrove *Littoraria arduiniana* dan *Littoraria melanostoma* yang hidup di ekosistem mangrove (Ng, 2013) dan genus yang berbeda *Littorina* yang hidup pada ekosistem pantai dengan substrat batu (Erlandsson dan Kostylev 1995).



Tabel 2. Ringkasan perbandingan memakai Anova dua arah untuk investigasi terhadap variasi dalam Coincidence Index antara keempat kombinasi seks dari *Littoraria scabra* dalam musim kawin dan bukan musim kawin

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat Tengah	F <sub>hitung</sub>	P
Musim mating	3,251	2	1,6255	F <sub>1</sub> = 37,54*	< 0,05
Kombinasi seks	1,6425	3	0,5475	F <sub>2</sub> = 13,69*	< 0,05
Interaksi Galat	0,5317	6	0,0886	F <sub>3</sub> = 2,21	
Total	0,6923	16	0,0433		

---

**Kombinasi seks: Uji SNK : JB-BB ( $\mu_1$ )  $\neq$  Jk-BB ( $\mu_2$ )  $\neq$  JB-Bk ( $\mu_3$ )  $\neq$  Jk-Bk ( $\mu_4$ )**  
**Musim kawin dan bukan musim kawin : Uji SNK :  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ ; ( $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$ )**

---

Keterangan kombinasi : JB-BB = Jantan Besar mengikuti Betina Besar  
 Jk-BB = Jantan kecil mengikuti Betina Besar  
 JB-Bk = Jantan Besar mengikuti Betina kecil  
 Jk-Bk = Jantan kecil mengikuti Betina kecil

### Variasi Coincidence indeks *Littoraria scabra* antara musim kawin dan bukan musim kawin di ekosistem mangrove

Dari hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan antara variasi coincidence index antara musim kawin dan bukan musim kawin, dapat dilihat pada Tabel 2. Di samping itu, hasil analisis lebih lanjut menunjukkan perbedaan signifikan antara variasi coincidence index bagi kombinasi seks *Littoraria scabra*, paling tinggi pada musim kawin bulan penuh, baru kemudian musim kawin pada bulan baru dan terakhir signifikan adalah pada bulan kuartil. Berdasarkan kombinasi seks terhadap uji SNK menunjukkan paling tinggi dengan urutan (JB-BB dan JB-Bk), (JB-BB dan Jk-Bk), (JB-BB dan Jk-BB). Dalam musim kawin, jantan-jantan melacak betina-betina yang sama species pada intensitas-intensitas yang tinggi ( $> CI$ ) dengan urutan ( $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$ ). Karena musim kawin pada bulan penuh paling signifikan, maka diuji lanjut untuk mencari di antara keempat kombinasi seks yang paling signifikan.

Pelacak-pelacak species jantan *Littoraria scabra* tidak selalu ikut seluruh jejak betina-betina yang sama species selama musim kawin; suatu pola yang juga dilaporkan dalam *Littorina littorea*, menyarankan bahwa kemampuan untuk membedakan seks dari suatu jejak mukosa barangkali bervariasi antara individu-individu jantan (Erlandsson dan Kostylev 1995) dan juga *Littoraria arduiniana* dan *Littoraria melanostoma* (Ng *et al.*, 2011; Ng dan Williams, 2012; Ng, 2013). Pemakaian substrat artifisial tidak menyediakan komponen makanan (contoh jaringan-jaringan tumbuhan pada substrat alaminya, dalam percobaan-percobaan laboratorium barangkali juga suatu faktor yang menyebabkan

berlawanan bagi individu-individu untuk ikut jejak jarak jauh (Lee *et al.*, 2001).

Berdasarkan uji Anova satu arah bagi variasi dalam coincidence Index menunjukkan perbedaan yang signifikan. Karena signifikan, maka uji lanjut Tukey untuk mencari yang paling signifikan dengan urutan berikut: (JB-BB dan JB-Bk), (JB-BB dan Jk-Bk), (JB-BB dan Jk-BB), (Jk-BB dan JB-Bk), (Jk-BB dan Jk-Bk) dan (Jk-Bk dan JB-Bk). Hasil uji anova satu arah terdapat perbedaan signifikan Coincidence Index (CI) bagi keempat kombinasi ukuran jantan betina *Littoraria scabra*, dapat dilihat pada Tabel 3.

Jantan-jantan melacak betina-betina yang sama species yang menunjukkan signifikan yang lebih tinggi intensitas ikut jejak species *Littoraria scabra*. Hasil penelitian ini konsisten yang ditemukan oleh (Ng, 2013). Lebih lanjut dikemukakan bahwa species *Littoraria arduiniana* dan *Littoraria melanostoma* dalam musim kawin. Penelitian ini menyediakan bagi jantan-jantan littorinid mangrove yang aktif mencari betina-betina dan mampu membedakan antara jejak-jejak mukosa yang diletakkan oleh species yang sama dan species yang berbeda, juga antara jantan-jantan dan betina-betina yang sama species, selama musim kawin. Sebagaimana *L. arduiniana* terdapat pada level yang lebih tinggi pada vegetasi mangrove daripada *L. melanostoma* (Yipp 1985; Lee dan Williams 2002b), *L. arduiniana* barangkali butuh untuk lebih percaya ikut jejak untuk menentukan kawin; akibat peningkatan kompleksitas spasial yang tinggi dalam kanopi mangrove disebabkan oleh intensitas yang lebih besar dari cabang-cabang dan daun-daun mangrove serta mereduksi frekuensi basah oleh air laut.

Kecenderungan peningkatan tingkahlaku *L. arduiniana* untuk ikut jejak-jejak mukosa barangkali juga mendorong ikatan yang lebih kuat untuk membentuk

pasangan-pasangan kawin dalam *L. arduiniana* yang akurat dengan pengamatan-pengamatan di lapang.

Tabel 3. Ringkasan perbandingan memakai Anova satu arah untuk investigasi varians dalam Coincidence Index (CI) keempat kombinasi ukuran jantan-betina dari *Littoraria scabra*. Varian data adalah homogenitas (Bartlett tests:  $P > 0.05$ ). Hasil signifikan ( $P < 0.05$ ; warna hitam) lebih lanjut dianalisis memakai uji Tukey perbandingan ganda bagi perbedaan-perbedaan antar keempat variansi.

Sumber variasi	df	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	$F_{hit}$	$P$
<b>Kombinasi Seks</b>	3	3,0272	1,0091	<b>272,73*</b>	<b>&lt; 0,01</b>
<b>Error</b>	176	0,6518	0,0037		
<b>Total</b>	179	3,6790			
<b>Uji Tukey Kombinasi Seks</b>					
<b>JB-BB (<math>\sigma_1</math>) <math>\neq</math> Jk-BB (<math>\sigma_2</math>) <math>\neq</math></b>					
<b>JB-Bk (<math>\sigma_3</math>) <math>\neq</math> Jk-Bk (<math>\sigma_4</math>)</b>					

Keterangan kombinasi : JB - BB = Jantan Besar mengikuti Betina Besar;  
Jk - BB = Jantan kecil mengikuti Betina Besar;  
JB - Bk = Jantan Besar mengikuti Betina kecil;  
Jk - Bk = Jantan kecil mengikuti Betina kecil.

Tingkahlaku kawin *Littoraria scabra* berlangsung sepanjang tahun khususnya bulan penuh dan bulan baru. Hasil temuan ini konsisten yang ditemukan (Reid, 1984). Sebab dalam bulan baru dan bulan penuh menunjukkan kawin yang tinggi sedangkan bulan kuartil agak rendah, dengan demikian, dalam penelitian ini, bulan penuh dan bulan baru digolongkan dalam musim kawin dan bulan kuartil digolongkan bukan musim kawin. Jantan-jantan melacak betina-betina yang sama species yang menunjukkan signifikan lebih tinggi intensitas ikut species *Littoraria scabra* dalam musim kawin, dibandingkan yang bukan musim kawin. Bahan mukosa yang dilepaskan betina-betina dalam species yang sama menjadi media bagi jantan-jantan keong mangrove aktif yang mencari betina-betina dan mampu membedakan antara jejak-jejak mukosa yang diletakkan oleh species yang sama dan species yang berbeda, dan juga antara jantan-jantan dan betina-betina yang sama species, selama musim kawin. Temuan penelitian ini adalah

konsisten dengan observasi-observasi pada beberapa pantai batuan pada keong *Littorina* species (*L. littorea*, *L. fabalis* dan *L. obtusata*, Erlandsson dan Kostylev 1995; Johannesson *et al.*, 2010), yang mengilustrasikan bahwa signifikansi pemanfaatan jejak-jejak mukosa sebagai mekanisme pencaharian kawin adalah unik bagi keong-keong dalam genus *Littorina* yang hidup pada substrat batu, tetapi juga signifikansi pemanfaatan species *Littoraria* yang hidup dalam kanopi vegetasi-vegetasi mangrove (Ng, 2013; Lalita, 2016).

Berdasarkan analisis selang kepercayaan pada tingkat 95 % terhadap rata-rata bagi variasi coincidence index bagi keempat kombinasi ukuran jantan-betina *L. scabra* yang menunjukkan perbedaan signifikan antar kombinasi ukuran dari uji SNK dapat dilihat pada Tabel 4.

Signifikansi sekresi seks dengan ikut jejak mukosa merupakan strategi *L. scabra* yang mengadopsi bagi kemudahan tingkahlaku pencarian kawin dalam habitat mangrove di sepanjang

intertidal. Ikut jejak mukosa adalah karakter tingkahlaku umum yang diamati dalam kebanyakan species gastropoda (Townsend 1974; Croll 1983; Cook 1985; Alfaro 2007; Takeichi *et al.*, 2007; Lalita, 2016). Tingkahlaku ikut jejak dalam taksa gastropoda berbeda dengan identifikasi feromon seks dalam mukosa pedal, yang mungkin menyediakan pemahaman yang lebih baik bagaimana gastropoda memanfaatkan signifikansi tingkahlaku ini untuk mencapai keberhasilan reproduksi lewat seleksi alam dan seleksi seks. Petunjuk feromon ini mungkin didefinisikan sebagai substansi yang disekresikan keluar oleh individu dan diterima oleh individu yang kedua yang sama species di mana organisme tersebut melepaskan reaksi spesifik. Bukti keberadaan feromon dalam mukosa jejak gastropoda; dengan demikian, barangkali membantu untuk memahami mekanisme yang mengendalikan seleksi seks dengan ikuti jejak dalam moluska. Betina melepaskan feromon seks ke dalam jejak mukosa selama musim kawin untuk memberi

signal, sekaligus menarik jantan. Ng (2013) membuat hipotesis bahwa protein khas barangkali ditemukan atau diekspresikan pada level yang lebih tinggi dan / atau keberadaan glisilasi yang berbeda dalam mukosa jejak bentina. Tidak ada gelombang protein spesifik dan juga tidak ada level ekspresi yang lebih tinggi dari protein spesifik; bahkan, ditemukan dalam mukosa jejak betina *Littoraria arduiniana* dalam musim kawin (Ng, 2013). Mungkin juga berlaku bagi *Littoraria scabra*. Dengan demikian, tidak dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi ekspresi protein ini berkaitan dengan komunikasi seksual. Feromon seks umumnya spesifik yang tinggi, menghindari kebingungan agar fungsinya ketika feromon dideteksi (contoh insekta, Mayer dan McLaughlin 1990; amphibi Kikuyama *et al.*, 2002; gastropoda, *sea hare Aplysia*, Painter *et al.*, 1998; Cummins *et al.*, 2008 dan keong apel *Pomacea*, Takeichi *et al.*, 2007) lebih daripada ekspresi yang berbeda sebagai petunjuk yang dilepaskan kedua seks keong.

Tabel 4. Rata-rata dari variasi Coincidence Index dari keempat kombinasi ukuran jantan-betina *L. scabra* menunjukkan perbedaan signifikan antar kombinasi ukuran berdasarkan uji SNK pada Tabel 3 di atas.

Kombinasi Ukuran	Selang kepercayaan 95 (%)		Observasi (n)
	$\bar{X}$	$\pm$ SD	
Jk –BB	0,49	$\pm$ 0,10	45
JB- BB	0,70	$\pm$ 0,09	45
JB- Bk	0,35	$\pm$ 1,04	45
Jk- Bk	0,43	$\pm$ 0,03	45

Keterangan kombinasi : JB- BB = Jantan Besar mengikuti Betina Besar  
Jk- BB = Jantan kecil mengikuti Betina Besar  
JB-Bk = Jantan Besar mengikuti Betina kecil  
Jk- Bk = Jantan kecil mengikuti Betina kecil

Jantan menunjukkan suatu preferensi yang kuat bagi betina besar dalam studi ini; dengan demikian, jika jantan besar kawin lebih sering daripada betina yang besar, signifikansi bertambah terhadap seekor jantan yang telah kawin dengan seekor betina yang besar sebagai kompromi dengan hubungan biaya kelangsungan hidup bersama induk dan kompetisi jantan (Herdman *et al.*,

2004). Namun ketika jantan sukar bertemu dengan betina besar; jantan tersebut kawin dengan betina berukuran kecil untuk mengurangi biaya (Lalita, 2016). Herdman *et al.* (2004) menunjukkan bahwa kawin dengan betina kecil barangkali tidak diperlukan menghasilkan kelangsungan hidup yang rendah, barangkali jantan tertentu akhirnya merubah preferensi kawinya.

Dengan demikian, gagasan merubah preferensi kawin ini barangkali bagi preferensi kawin jantan pada ketergantungan ukuran dalam *L. scabra*; jantan besar menunjukkan suatu preferensi bagi betina besar dalam ikut jejak dan menaiki cangkang. Sedangkan jantan kecil tidak dan jantan besar menunjukkan suatu preferensi yang kuat bagi betina besar daripada jantan kecil dalam pengertian durasi kopulasi.

Parker (1983) menyarankan bahwa model teoritis suatu preferensi kawin barangkali telah berevolusi ketika manfaat berhubungan dengan kelangsungan hidup yang melebihi biaya hidup. Jantan besar juga kurang selektif ketika biaya pencarian kawin terlalu tinggi, walaupun jantan tersebut masih boleh mencari beberapa derajat pilihan kawin melalui durasi kopulasi yang lebih singkat dengan betina kecil (Parker 1983). Pada kasus demikian, plastisitas fenotif dari preferensi kawin jantan boleh berlangsung dalam *L. scabra* sebagaimana ekspresi preferensi ditentukan oleh ukuran yang berkorelasi dengan umur individu (Reid, 1989) dan penilaian kawin (Jennions dan Petrie, 1997; Cotton *et al.*, 2006). Dengan menerapkan konsep preferensi kawin (Jennion dan Petrie, 1997), jantan *L. scabra* barangkali menunjukkan suatu 'fungsi preferensi' (contoh jantan lebih suka betina besar daripada betina kecil). tetapi keseluruhan preferensi bergantung pada variasi 'pilihan' berdasarkan pada biaya sampel kawin dan penilaian betina. Teori telah berkembang pada pilihan kawin betina (Jennions dan Petrie 1997; Cotton *et al.*, 2006); dengan demikian, barangkali juga dapat diaplikasi ke pilihan kawin jantan.

Jantan besar menunjukkan suatu preferensi yang lebih kuat kawin dengan betina besar; dengan demikian, betina besar tersebut memilih daripada kawin jantan kecil. Shine *et al.* (2001) mengusulkan tiga penjelasan yang mungkin, yakni: pilihan kawin oleh betina, kompetisi antar jantan dan batasan fisik. Saran *pertama* bahwa preferensi kawin oleh betina bagi jantan besar, dalam

aplikasi dengan kasus *L. scabra* sebagaimana betina adalah pasif selama proses kawin dan tidak ada penolakan yang jelas dari ukuran individu dan bentuk fisik genitalia juga tidak nampak menjadi sebab, sebagaimana keberhasilan kawin secara individu ditemukan di lapang dapat bervariasi luarbiasa dalam ukuran. Jantan berukuran berbeda dan betina juga ditemukan untuk kawin bagi periode waktu yang dapat dipertimbangkan dalam studi ini, sebagaimana dilaporkan dalam *L. Littorea* (Erlandsson dan Johannesson 1994). Kompetisi antar jantan, bahkan, penjelasan yang lebih beralasan bagi perbedaan dalam preferensi kawin antara jantan yang besar dan kecil. Sebab jantan kecil menunjukkan kesiapan untuk dikeluarkan oleh jantan besar pada saat kawin dengan betina besar (contoh membedakan kawin terdapat suatu biaya tambahan bagi jantan kecil), jantan kecil lebih suka kawin dengan betina yang ditemui jantan kecil tersebut, termasuk betina kecil, agar menjamin keberhasilan reproduksinya (Shine *et al.*, 2001). Jantan besar melangsungkan kawin dengan betina kecil hanya kesempatan tertentu ditemukan di lapang dan jantan besar jarang ikut keseluruhan jejak betina kecil dalam studi ini. Di lapang jantan besar *L. scabra* melangsungkan kawin dengan betina kecil pada substrat mangrove *Rhizophora apiculata*, karena pada vegetasi ini kelimpahan *L. scabra* adalah rendah; dengan demikian, bagi jantan tidak banyak pilihan untuk kawin dengan betina besar karena terbatas bertemu betina besar dan waktu terbatas untuk kawin akibat pasang tertinggi.

Adanya preferensi kawin jantan dalam *L. scabra*, adalah akurat; dan dengan demikian, preferensi kawin jantan *L. scabra* dikendalikan oleh variasi ukuran betina. Sebagaimana signifikansi seleksi seks bagi pencarian kawin merupakan suatu proses dengan biaya dalam species ini, akibat jumlah populasi yang rendah dari individu dalam kanopi mangrove yang padat (Lee dan Williams 2002b); ketika hewan jantan ini

menemukan seekor betina dari species yang sama, tidak akan diharapkan untuk membedakan antara kawin; tetapi untuk kopulasi dengan betina yang ditemuinya; jika tidak ada di sana, manfaat berkaitan dengan kelangsungan melalui pilihan kawin (Sargent *et al.*, 1986). Jantan *L. scabra*; dengan demikian, signifikansi melangsungkan kawin dengan betina besar oleh bapak induk lebih banyak anak. Variasi dalam kualitas betina disarankan menjadi prasyarat utama dalam pengendalian evolusi preferensi kawin (Bonduriansky, 2001; Edward dan Chapman, 2011). Preferensi kawin jantan *L. scabra*, dikendalikan oleh variasi ukuran betina, juga ditemukan melintasi pada kisaran taksa hewan yang lain (contoh kepiting 'fiddler', Reading dan Backwell, 2007; insekta, Bonduriansky, 2001; kadal, Verrell, 1986; salamanders, Verrell 1995; ular, Shine *et al.*, 2001). Teori ini juga menyarankan bahwa preferensi kawin jantan barangkali terjadi bila jantan mengalokasi substansi energi ke dalam sumberdaya pemijahan dan pemeliharaan induk terhadap anak-anak, atau ketika masing-masing peristiwa mereduksi kesempatan kawin yang akan datang (Dewsbury 1982).

### KESIMPULAN

Signifikansi strategi seleksi seks *Littoraria scabra* dengan pelacakan kawin pada jejak mukosa dari preferensi jantan terhadap betina berukuran besar yang terbatas dibuktikan dengan seleksi seks dalam *L. scabra* melalui pilihan kawin jantan dan kompetisi antara jantan. Mekanisme seleksi seks ini barangkali mengendalikan pola-pola kawin yang terpisah dengan ukuran dalam species littorinid dan dalam hewan-hewan yang lain. Temuan ini memberi kontribusi terhadap hubungan yang hilang antara seleksi seks dan "hewan-hewan tingkat rendah" serta menyediakan pemahaman baru ke dalam operasi seleksi seks dalam hewan-hewan. Implikasi evolusi seleksi seks untuk kawin terhadap ukuran betina besar adalah karakter krusial dalam pilihan kawin jantan. Signifikansi seleksi

seks dengan preferensi kuat bagi betina-betina besar barangkali telah berevolusi untuk meningkatkan jantan termasuk kelangsungan hidup dengan kawin dengan betina yang lebih besar. Dengan demikian, signifikansi seleksi seks pada ukuran nampak sangat penting dari komponen evolusi keong mangrove. Sebagaimana *Littoraria scabra*, pemahaman-pemahaman tentang pilihan seleksi untuk kawin dan efeknya pada barrier-barrier reproduksi adalah sangat relevan bagi pemahaman dalam signifikansi pilihan kawin *Littoraria scabra*; yang mengikuti jejak, menaiki, kopulasi dan signifikansi pilihan kawin pascakopulasi, yang menyediakan kerangka manfaat bagi penelitian lanjutan pada aspek signifikansi pilihan kawin dan evolusinya serta implikasi-implikasi ekologi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfaro, A. C. 2007. Migration and trail affinity of snails, *Littoraria scabra*, on mangrove trees of Nananu-i-ra, Fiji Islands. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 40: 247-255.
- Bousfield, J. D., Tait, A. I., Thomas, J. D. & Towner-Jones, D. 1981. Behavioural studies on the nature of stimuli responsible for triggering mucus trail tracking by *Limacina glabrata*. *Malacological Review* 14, 49-64.
- Bonduriansky, R. 2001. The evolution of male mate choice in insects: a synthesis of ideas and evidence. *Biological Reviews* 76: 305-339.
- Buckland-Nicks, J., Bryson I. Hart L, and V. Partridge. 1999. Sex and a snail's sperm: on the transport, storage and fate of dimorphic sperm in *Littorinidae*. *Invertebrate Reproductive Development*. 36: 1-3.
- Chase, R., Pryer, Baker, R. and D. Madison. 1978. Responses to conspecific chemical stimuli in the terrestrial snail *Achatina fulica* (Pulmonata: Sigmurethra).

- Behavioral Biology 22, 302–315.
- Chelazzi, G., S. Focardi and J. L. Deneubourg. 1983. A comparative study on the movement patterns of two sympatric tropical chiton (Mollusca: Polyplacophora). *Marine Biology*. Berlin 74: 115-125.
- Cook, A. 1985. Functional aspects of trail following in the carnivorous snail *Euglandina rosea* Ferussac. *Malacologia* 26, 173–181
- Croll, R.P. 1983. Gastropod chemoreception. *Biological Reviews* 58: 293-319
- Cotton, S. J., J. Small and A. Pomiankowski. 2006. Sexual selection and Condition-dependent mate preference: *Current Biology* 16:R755-R765
- Cummins, S.F.; B. M. Degnan and G.T. Nagle. 2008. Characterization of *Aplysia alb*, a candidate water-borne protein pheromone released during egg laying. *Peptides* 29: 152-161
- Darwin, C. 1871. *The descent of man and selection in relation to sex*. Murray, London
- Dewsbury, D. 1982. Ejaculate cost and mate choice. *American Naturalist*, 119: 601-610
- Edward, D. A. and T. Chapman. 2011. The evolution and significance of male mate choice. *Trends in Ecology & Evolution* 26: 647-654.
- Edwards, M. Dan M.S. Davies. 2002. Functional and ecological aspects of the mucus trails of the intertidal prosobranch gastropod *Littorea* (L.) *Marine Ecology Progress Series* 239, 129–137.
- Erlandsson, J. and K. Johannesson. 1994. Sexual selection on female size in a marine snail, *Littorina littorea* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 181, 145–157.
- Erlandsson, J. and V. Kostylev . 1995. Trail following, speed and fractal Dimension of movement in a marine prosobranch, *Littorina littorea*, during a mating and a non-mating season. *Marine Biology* 122: 87-94.
- Herdman, E.J.E., C.D. Kelly and G.J. Godin. 2004. Male mate choice in the guppy (*Poecilia reticulata*): do males prefer larger females as mates? *Ethology* 110:97-111
- Hutchinson, N., Davies, M. S., Ng, J. S. S. and G.A. Williams. 2007. Trail-following behaviour in relation to pedal mucus production in the intertidal gastropod *Monodonta labio* (Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 349, 313–322.
- Jennions, M.D. and M. Petrie. 1997. Variation in mate choice and mating Preference: A review of causes and consequences. *Biological Review* 72:283-327
- Kikuyama, S; K. Yamamoto; Tiwata and F. Toyoda. 2002. Peptide and protein pheromones in amphibians. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 132: 69-74
- Lalita, J.D. 2016. Seleksi seksual, keunikan strategi reproduksi ovovivipar dan signifikansi ekologi *Littoraria scabra* Linnaeus, 1758 (Gastropoda: Littorinidae) di ekosistem hutan mangrove Tombariri, Sulawesi Utara. Disertasi. Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya.
- Lee, O. K; and A. G. Williams 2002b. Locomotor activity patterns of the mangrove littorinids, *Littoraria arduiniana* and *L. melanostoma*, in Hong Kong. *Journal of Molluscan Studies* 68: 235–241.
- Mayer, M.S and J.R. McLaughlin. 1990. *Handbook of insect pheromones and sex attractants*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Ng, T. P. T., Davies, M. S., Stafford, R. And G.A. Williams, 2011. Mucus trail following as a mate-searching strategy in mangrove littorinid snails. *Animal Behaviour* 82, 459–465.

- Ng, T.P.T., dan G.A. Williams. 2012. Contrasting reproductive traits in two species of mangrove-dwelling littorinid snails in a seasonal tropical habitat. *Invertebrate Biology* x(x): 1–10
- Ng, T. P. T., 2013. Reproductive traits and sexual selection in the mangrove Littorinid snails, *Littoraria ardouiniana* and *L. melanosoma*. Unpublished Thesis PhD, The University of Hong Kong.
- Norton, C. G. Dan J.M. Bronson. 2006. The relationship of body size and growth to egg production in the hermaphroditic freshwater snail, *Helisoma trivolvis*. *Journal of Molluscan Studies* 72, 143–147
- Painter, S.D; B. Clough; R.W. Garden; J.V. Sweedler; and G.T. Nagle GT. 1998. Characterization of *Aplysia* attraction, the first water-borne peptide pheromone in invertebrates. *Biological Bulletin* 194: 120-131
- Parker, G. 1983. Mate quality and mating decisions. In: *Mate choice*. Bateson (ed). Pp 141-166. Cambridge University Press, New York.
- Reid, D.G .1989. The comparative morphology, phylogeny and evolution of the Gastropod family Littorinidae. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B* 324: 1–110.
- Reid, D. G. and S. T. Williams. 2004. The Subfamily Littorininae (Gastropoda: Littorinidae) in the Temperate Southern Hemisphere: The Genera *Nodilittorina*, *Austrolittorina* and *Afrolittorina*. *Records of the Australian Museum*. Vol. 56: 75–122. ISSN 0067-1975.
- Reid, D. G. 2009. The genus *Echinolittorina* Habe, 1956 (Gastropoda: Littorinidae) In the Western Atlantic Ocean. *Zootaxa* 2184: 1-103
- Reid, D. G., Dyal, P. and S. T. Williams. 2010. Global diversification of mangrove fauna: a molecular phylogeny of *Littoraria* (Gastropoda: Littorinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55, 185–201.
- Reid, D.G. P. Dyal and S .T .Williams. 2012. Global molecular phylogeny of 147 periwinkle species (Gastropoda, Littorininae). *Zoologica Scripta*, pp. 125-136.
- Reading, K. L. and P.R. Backwell. 2007. Can beggars be choosers? Male mate choice in diddler crab. *Animal Behaviour* 74: 867-872
- Sargen, R.C., Gross. M.R. and E. P. Van den Berghe. 1986. Male mate choice In fishes. *Animal Behaviour* 34:545-550.
- Shine, R., O'Connor D, LeMaster and R.T. Mason. 2001. Pick on someone your own size: ontogenetic shifts in mate choice by mate garter snakes result in size-assortative mating. *Animal Behaviour* 61:1-9
- Takeichi, M.; Y, Hirai Y and Y, Yusa. 2007. A water-borne sex pheromone and trail following in the apple snail, *Pomacea canaliculata*. *Journal of Molluscan Studies* 73: 275-278.
- Townsend, C. R.1974. Mucus trail followed by the snail *Biomphalaria glabrata* (Say). *Animal Behaviour* 22, 170–177.