

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

**STUDY ON THE REPRODUCTIVE ECOLOGY OF TROPICAL EELS,
Anguilla bicolor bicolor AND *Anguilla bengalensis bengalensis* IN
NORTHWEST PENINSULAR MALAYSIA**

SITI TAFSIL RAUDAH BINTI SH ABDUL KADIR

SEPTEMBER 2024

Main Supervisor : Associate Professor Rumeaida binti Mat Piah, PhD

Co-Supervisor : Professor Dato` Mazlan Bin Abd Ghaffar, PhD
: Professor Emeritus Mohd. Azmi Bin Ambak, PhD
Professor Takaomi Arai, PhD

School/Institute : Institute of Oceanography and Environment

This study examines the reproductive ecology of two tropical eel species, *Anguilla bicolor bicolor* and *Anguilla bengalensis bengalensis*, both catadromous migratory species found in the rivers of Northwest Peninsular Malaysia. From February 2014 to January 2016, a total of 462 eels were collected at monthly intervals from 13 localities in Pulau Pinang. Additional eel samples were collected from Ayer Hitam Irrigation Canal, Kedah (*A. bicolor bicolor*) and Kuala Kangsar, Perak (*A. bengalensis bengalensis*). The proportion of females was higher in Pulau Pinang, with *A. bicolor bicolor* at 86.1% and *A. bengalensis bengalensis* at 78.8%. The proportion of female *A. bicolor bicolor* was significantly higher than males across localities ($p < 0.05$), while it was similar for *A. bengalensis bengalensis* ($p > 0.05$). The length-weight relationships of female were found to be highly significant ($R^2 = 0.93$, $p < 0.05$), higher than males *A. bicolor bicolor* ($R^2 = 0.57$, $p < 0.05$) and *A. bengalensis bengalensis* ($R^2 = 0.37$, $p > 0.05$). *A. bengalensis bengalensis* larger than *A. bicolor bicolor* ($p < 0.05$). Sexual dimorphism was suggested in both species, females larger than males ($p < 0.05$). Histological examination revealed early gonad differentiation in

A. bicolor bicolor and gonad development in both species, including occurrences of intersexual individuals in *A. bicolor bicolor*. Gonad development in female *A. bicolor bicolor* and *A. bengalensis bengalensis* reached up to mid-vitellogenic oocytes. Male *A. bicolor bicolor* developed up to type-B spermatogonia (SG-B), while *A. bengalensis bengalensis* was limited to early type-B spermatogonia (SG-EB). Maximum oocyte diameters (stage5) were 205.56 μ m in *A. bicolor bicolor* and 168.92 μ m in *A. bengalensis bengalensis*. Fecundity estimates ranged from 0.15 to 4.96 millions for *A. bicolor bicolor* and 0.33 to 1.7 million for *A. bengalensis bengalensis*. Length at 50% maturation for female *A. bengalensis bengalensis* was 795mm, compared to 560 mm for female *A. bicolor bicolor* and 400 mm for males. *A. bicolor bicolor* had year-round spawning migration, while *A. bengalensis bengalensis* had a spawning migration period limited to six months between April and September. Monthly variation of hepatosomatic index (HSI) and gonadosomatic index (GSI) were higher in females ($p < 0.05$). Female gonad development (stage 5) significantly correlated with morphological indexes ($p < 0.05$). The gonadosomatic index (GSI) showed a highly significant correlation with morphological indexes such as fin index (FI), length, and weight ($p < 0.01-0.00001$). This study provides insights into the reproductive ecology of *A. bicolor bicolor* and *A. bengalensis bengalensis* in the river habitat and the onset of downstream migration.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

KAJIAN EKOLOGI PEMBIAKAN BELUT TROPIKA, *Anguilla bicolor bicolor* DAN *Anguilla bengalensis bengalensis* DI BARAT LAUT SEMENANJUNG MALAYSIA

SITI TAFSIL RAUDAH BINTI SH ABDUL KADIR

SEPTEMBER 2024

Penyelia : **Profesor Madya Rumeaida binti Mat Piah, PhD**

Penyelia bersama : **Profesor Dato` Mazlan Bin Abd Ghaffar, PhD**
: **Profesor Emeritus Mohd. Azmi Bin Ambak, PhD**
: **Profesor Takaomi Arai, PhD**

Pusat Pengajian : **Institut Oseanografi dan Sekitaran /Institut**

Kajian ini meneroka ekologi pembiakan *Anguilla bicolor bicolor* dan *Anguilla bengalensis bengalensis*. Kedua-dua spesis adalah spesis migrasi katadromi yang mendiami sungai di Barat Daya, Semenanjung Malaysia. Sebanyak 462 belut telah disampel setiap bulan antara Februari 2014 hingga Januari 2016 di 13 lokasi di Pulau Pinang. Sampel tambahan belut dari Terusan Pengairan Ayer Hitam, Kedah (*A. bicolor bicolor*) dan Kuala Kangsar, Perak (*A. bengalensis bengalensis*). Kadaran *A. bicolor bicolor* betina (86.1%) dan *A. bengalensis bengalensis* (78.8%) adalah lebih tinggi di Pulau Pinang. Kadaran *A. bicolor bicolor* betina adalah tinggi secara signifikan daripada jantan di dua lokaliti ($p < 0.05$) dan sama bagi *A. bengalensis bengalensis* ($p > 0.05$). Hubungan panjang-berat betina didapati sangat signifikan ($R^2 = 0.93$, $p < 0.05$), lebih tinggi dari *A. bicolor bicolor* ($R^2 = 0.57$, $p < 0.05$) dan *A. bengalensis bengalensis* jantan ($R^2 = 0.37$, $p > 0.05$). Secara umum, *A. bengalensis bengalensis* lebih besar dari *A. bicolor bicolor* ($p < 0.05$). Dimorfisme seksual

dicadangkan kepada kedua-dua spesis, dengan betina lebih besar daripada jantan ($p < 0.05$). Analisis kajian tisu menentukan pembezaan awal gonad *A. bicolor bicolor* dan perkembangan gonad bagi kedua-dua spesis, dan mendapati adanya interseksual *A. bicolor bicolor*. Peringkat perkembangan seks betina *A. bicolor bicolor* dan *A. bengalensis bengalensis* sehingga oosit vittelogenik pertengahan (tahap 5). Sel seks belut jantan *A. bicolor bicolor* sehingga spermatogonia B (SG-B) (tahap 3) dan *A. bengalensis bengalensis* terhadap sehingga spermatogonia awal B (SG-EB) (tahap 2). Diameter oosit maksima (tahap 5). *A. bicolor bicolor* betina adalah 205.56 μ m dan 168.92 μ m untuk *A. bengalensis bengalensis*. Bilangan telur *A. bicolor bicolor* dan *A. bengalensis bengalensis* masing-masing dianggarkan antara 0.15 hingga 4.96 juta dan 0.33 hingga 1.7 juta. Bagi saiz kematangan 50% *A. bengalensis bengalensis* betina adalah pada 795mm, *A. bicolor bicolor* betina adalah 560mm lebih besar dari *A. bicolor bicolor* jantan pada 400mm. *A. bicolor bicolor* mempunyai penghijrahan bertelur sepanjang tahun dan *A. bengalensis bengalensis* penghijrahan bertelur mencapai kepada 6 bulan (April dan September). Nilai bulanan indeks hepatosomatik (IH) dan indeks gonadosomatik (IG) menunjukkan variasi tinggi pada belut betina. Perbezaan signifikan ($p < 0.05$) antara perkembangan gonad (tahap 5) dan indeks morfologi dalam belut betina. Index gonadosomatik (IG) adalah signifikan ($p < 0.1-0.00001$) kepada indeks-indeks morfologi (indeks sirip, panjang dan berat). Ringkasnya, kajian pembiakan dari aspek ekologi akan meningkatkan pengetahuan ketika belut di habitat dan permulaan sebelum migrasi untuk bertelur.