

## **BAB III**

### **METODE SCHNABEL**

Ukuran populasi tertutup dapat diperkirakan dengan teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) yaitu menangkap dan menandai individu yang diambil pada pengambilan sampel pertama, melepaskan kembali sampel yang sudah ditandai ke populasi dan menangkap kembali sampel secara acak dari populasi pada waktu selanjutnya. Terdapat tiga metode yang terdapat dalam teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) yaitu metode Licoln-Petersen, metode Schnabel, dan metode Schumacher-Eschmeyer.

Metode Licoln-Petersen hanya bergantung pada satu kali penandaan hewan, salah satu perluasan metode Licoln-Petersen adalah metode Schnabel, yang membutuhkan setidaknya pengambilan dan penandaan sampel dilakukan lebih dari dua kali.

#### **3.1 Pengertian Metode Schnabel**

Metode Schnabel secara konseptual merupakan penyempurnaan dari metode Licoln-Petersen yang menggabungkan informasi dari sejumlah pengambilan sampel berturut-turut untuk mengestimasi jumlah populasi (Schnabel Z.E, 1938). Metode Licoln-Petersen hanya mengandalkan estimasi populasi berdasarkan pengambilan sampel sebanyak dua kali dan sangat mudah dilakukan. Namun metode Licoln-Petersen mempunyai kelemahan yaitu metode ini cenderung menaksir terlalu tinggi jumlah anggota populasi (Seber, G.A.F, 1973). Untuk memperoleh estimasi yang tepat, ahli ekologi sering menggunakan teknik dengan penandaan dan penangkapan sampel berulang. Salah satu metode yang digunakan pada teknik penandaan dan penangkapan sampel berulang adalah metode Schnabel yang tidak jauh berbeda dengan metode Licoln-Petersen. Perbedaannya hanya terletak pada jumlah pengambilan sampel yaitu metode Licoln-Petersen hanya melakukan pengambilan sampel sebanyak 2 kali, sedangkan metode Schnabel melakukan pengambilan sampel lebih dari 2 kali.

### 3.2 Asumsi-asumsi pada Metode Schnabel

Menurut (Southwood, 1971), asumsi yang harus dipenuhi sebelum menggunakan metode Schnabel dalam mengestimasi hewan adalah sebagai berikut:

- Pemberian tanda pada hewan tidak mudah hilang.

Proses penandaan pada hewan yang akan dilakukan dalam penelitian harus terlihat dan tidak mudah hilang. Sebagai contoh, apabila peneliti ingin meneliti jumlah populasi pada ikan, peneliti tersebut dapat memberi tanda pada memberikan tanda dengan memotong sirip ikan. Hal ini agar terlihat jelas mana anggota populasi yang sudah ditangkap dan anggota populasi yang belum ditangkap.

Menurut (Effendi M.I, 1978), pemberian tanda pada hewan khususnya pada kasus penelitian pada ikan yang baik sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

- 1) Tanda tidak berubah selama ikan hidup.
- 2) Tidak mengganggu tingkah laku ikan sehingga mudah ditangkap oleh pemangsa.
- 3) Tidak mudah menyebabkan ikan tersangkut pada tanaman akustik, yaitu tanaman yang pertumbuhannya berdasarkan tanaman lain akibat sinyal akustik yang dimiliki tanaman tersebut, karena dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman akustik terhenti.
- 4) Tanda itu murah dan mudah diperoleh.
- 5) Tepat untuk tiap ukuran ikan yang menjadi objek penelitian dengan penyesuaian yang minimal.
- 6) Mudah diterapkan pada ikan tanpa menggunakan zat pembius dan gangguan “stress” diusahakan sekecil mungkin.
- 7) Cukup banyak variasi untuk membedakan kelompok-kelompok ikan kecil perbedaannya.
- 8) Tidak menyebabkan kesehatan ikan terganggu.
- 9) Tidak berbahaya atau menyebabkan bahaya pada ikan sebagai ikan pangan.

10) Tanda mudah dikenal oleh orang yang tidak mendapat latihan sekalipun.

- Hewan yang sudah ditandai harus tercampur secara homogen dalam populasi. Maksudnya adalah tidak ada perbedaan antara hewan yang sudah ditandai dan hewan yang belum ditandai. Hewan yang sudah ditandai dikembalikan ke dalam populasi bersamaan dengan hewan yang belum ditandai atau sudah ditandai sebelumnya.

- Populasi harus dalam sistem tertutup.

Yang dimaksud dengan populasi tertutup yaitu populasi tertutup dari faktor tambahan seperti kelahiran dan migrasi, dan faktor pengurangan seperti kematian. Dengan kata lain, populasi dianggap konstan selama waktu penelitian.

- Hewan yang ditangkap sekali atau lebih, tidak mempengaruhi hasil sampling selanjutnya.

Hewan yang sudah ditandai pada penangkapan sebelumnya tidak mempengaruhi penangkapan selanjutnya, mungkin saja hewan yang sudah ditandai pada penangkapan sebelumnya dapat ditangkap kembali pada penangkapan selanjutnya. Bahkan hewan yang sudah ditangkap dapat ditangkap lebih dari dua kali.

- Sampel diambil secara acak dari populasi artinya semua kelompok umur dan jenis kelamin dapat ditangkap, artinya serta semua individu pada populasi mempunyai kemampuan yang sama untuk ditangkap.

- Sampling dilakukan dengan interval waktu yang tetap.

Pengambilan sampel harus dilakukan pada interval waktu yang tetap karena untuk mendapatkan interpretasi yang sama.

- Ukuran populasi harus konstan dari satu periode sampling dengan periode yang berikutnya.

Asumsi ini berkenaan dengan asumsi bahwa metode Schnabel merupakan metode untuk memperkirakan jumlah populasi pada populasi tertutup. Hal ini mempunyai arti tidak ada kematian, kelahiran, maupun perpindahan sampel dari satu tempat ke tempat lain. Selain itu, sampel yang sudah ditangkap harus dikembalikan pada populasi dengan jumlah yang sama. Oleh karena itu,

ukuran populasi harus konstan dari satu periode sampling dengan periode sampling berikutnya.

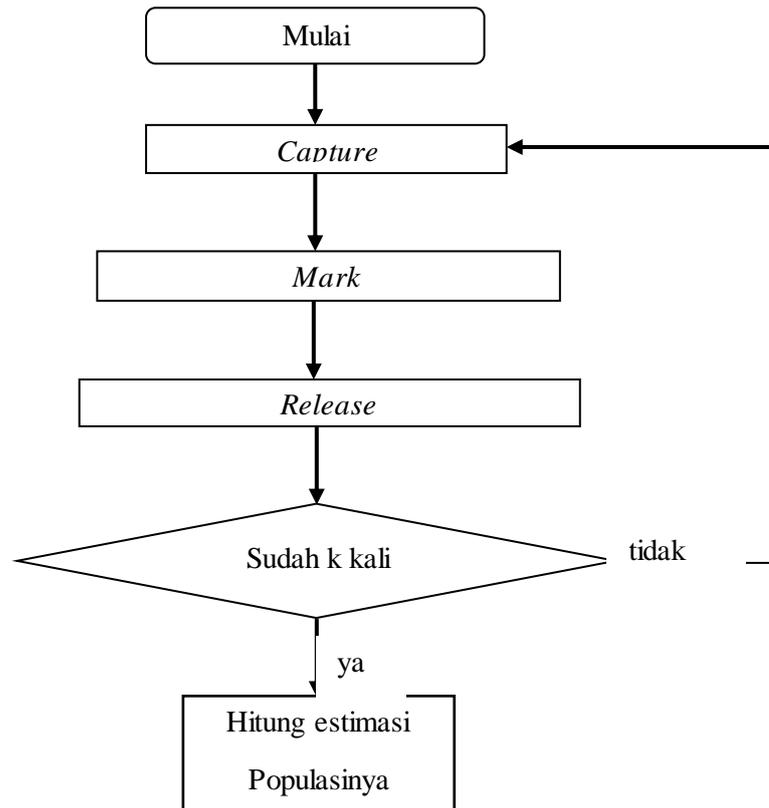
### 3.3 Prosedur Metode Schnabel

Prosedur metode Schnabel dalam mengestimasi jumlah anggota populasi adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan tempat dan menentukan hewan apa yang akan di estimasi jumlah anggota populasinya.
2. *Capture*  
 Pada langkah kedua, yang dilakukan adalah menangkap atau mengambil sampel dari populasi. Hal ini dilakukan sebagai langkah awal dalam mengestimasi jumlah anggota populasi hewan. Setelah sampel diperoleh, selanjutnya yaitu menghitung jumlah sampel yang ditangkap pada pengambilan sampel pertama.
3. *Mark*  
 Pada langkah ketiga ini yaitu setelah melakukan pengambilan sampel pertama, tandai semua sampel yang ditangkap. Pemberian tanda pada hewan dapat dilakukan dengan cara apapun, syarat utama pemberian tanda ini adalah tanda tidak mudah hilang. Untuk pengambilan sampel kedua dan seterusnya, tandai hewan yang belum diberi tanda, artinya hewan yang sudah ditangkap sebelumnya atau hewan yang sudah diberi tanda tidak perlu diberi tanda kembali.
4. *Release*  
 Pada langkah keempat ini yang dilakukan yaitu melepaskan kembali sampel yang sudah diberi tanda ke dalam populasi.
5. *Recapture*  
 Pada langkah kelima ini yaitu pada waktu berikutnya, melakukan kembali penangkapan sampel secara acak. Setelah itu, kemudian kembali ke langkah ketiga dan seterusnya, sekali lagi bahwa untuk sampel yang sudah diberi tanda, tidak perlu untuk diberi tanda kembali. Pemberian tanda hanya untuk sampel yang belum ditandai. Lakukan prosedur tersebut di atas sampai  $i$ -kali.
6. Perhitungan Statistik

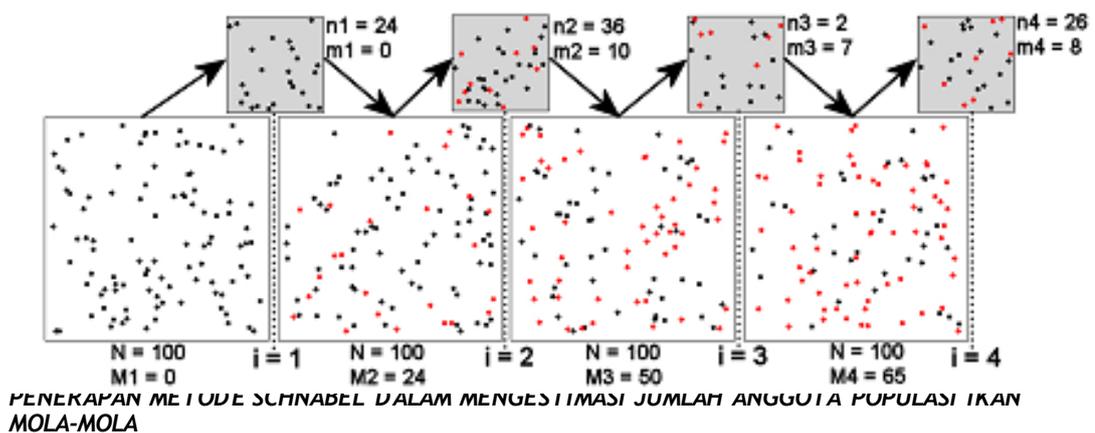
Langkah selanjutnya yaitu menentukan estimasi jumlah populasi hewan dengan menggunakan perumusan yang telah ditentukan. Kemudian menentukan varians dan standar errornya.

Untuk mempermudah pemahamannya, perhatikan Gambar 3.1 yang merupakan *flowchart* untuk prosedur metode Schnabel berikut ini:



Gambar 3.1 *Flowchart* Metode Schnabel

Untuk lebih jelasnya, perhatikan ilustrasi gambar 3.2 berikut:



### Gambar 3.2 Ilustrasi Metode Schnabel

Penjelasan gambar 3.2 adalah misalkan populasi ikan pada suatu kolam akan di estimasi. Pada kotak pertama diilustrasikan sebagai populasi awal ikan pada kolam sebelum ditangkap dan ditandai. Pada penangkapan pertama, ikan pada populasi ditangkap dan diperoleh sampel sebanyak  $n_1 = 24$ , karena masih penangkapan pertama, maka tidak ada hewan yang telah ditandai pada penangkapan pertama ( $m_1 = 0$ ). Ikan yang telah ditangkap pada penangkapan sampel pertama diberi tanda semuanya dan dilepaskan kembali ke populasi. Setelah dilepaskan, lakukan pengambilan sampel kedua, pada tahap ini sampel yang terambil pada pengambilan sampel kedua adalah sebanyak  $n_2 = 36$ , dan dari 36 sampel yang terambil, terdapat 10 sampel yang telah ditandai, artinya telah diambil pada penangkapan sampel sebelumnya. Tandai sampel yang belum ditandai, setelah sampel pada pengambilan sampel kedua ditandai semua, lepaskan kembali dalam populasi. Proses tersebut di atas dilakukan secara berulang sampai langkah ke  $i = 4$ . Setelah itu selanjutnya menentukan estimasi jumlah populasi.

### 3.4 Estimasi Jumlah Anggota Populasi dengan Metode Schnabel

Perumusan estimasi jumlah anggota populasi dengan menggunakan metode Licoln-Petersen, yaitu (Ogle, 2013):

$$\hat{N} = \frac{Mn}{m} \quad (3.1)$$

dimana:

$N$  = Jumlah total anggota populasi sebelum pengambilan sampel pertama.

$k$  = Jumlah seluruh pengambilan sample ( $i = 1, 2 \dots k$ ).

$n_i$  = Jumlah sampel yang tertangkap pada pengambilan sampel ke- $i$ .

$m_i$  = Jumlah sampel yang telah ditandai pada pengambilan sampel ke- $i$ .

$M_i$  = Jumlah sampel yang sudah ditandai pada populasi pengambilan sampel ke- $i$ .  $M_1 = 0$

$\hat{N}$  = Estimasi jumlah anggota populasi.

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa perbedaan antara metode Licoln-Petersen dengan metode Schnabel yaitu bahwa eksperimen pada metode Schnabel dilakukan lebih dari dua kali. Oleh karena itu, estimasi total populasi dengan menggunakan metode Schnabel dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{N} = \frac{\sum_{i=1}^k M_i n_i}{\sum_{i=1}^k m_i} \quad (3.2)$$

Berdasarkan (Ogle, 2013) yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya apabila hewan yang ditandai pada sampel kedua saling independen, maka fungsi likelihoodnya akan mengikuti distribusi binomial, yaitu:

$$\begin{aligned} L(N|M_i, n_i, m_i) &= \prod_{i=1}^k \binom{n_i}{m_i} \left(\frac{M_i}{N}\right)^{m_i} \left(1 - \frac{M_i}{N}\right)^{n_i - m_i} \\ &\propto \prod_{i=1}^k \left(\frac{M_i}{N}\right)^{m_i} \left(1 - \frac{M_i}{N}\right)^{n_i - m_i} \\ &\propto \prod_{i=1}^k \left(\frac{M_i}{N}\right)^{m_i} \left(\frac{N - M_i}{N}\right)^{n_i - m_i} \end{aligned}$$

Untuk menyederhanakan proses perhitungannya, fungsi likelihood tersebut diubah menjadi fungsi log-likelihood sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln L(N|M_i, n_i, m_i) &\propto \left\{ \sum_{i=1}^k m_i \ln M_i - \sum_{i=1}^k m_i \ln N + \sum_{i=1}^k (n_i - m_i) \ln(N - M_i) - \right. \\ &\quad \left. \sum_{i=1}^k (n_i - m_i) \ln N \right\} \\ &\propto \left\{ \sum_{i=1}^k m_i \ln M_i - \sum_{i=1}^k m_i \ln N + \sum_{i=1}^k (n_i - m_i) \ln(N - M_i) - \right. \\ &\quad \left. \sum_{i=1}^k n_i \ln N + \sum_{i=1}^k m_i \ln N \right\} \\ &\propto \sum_{i=1}^k m_i \ln M_i - \sum_{i=1}^k (n_i - m_i) \ln(N - M_i) - \sum_{i=1}^k n_i \ln N \end{aligned}$$

Selanjutnya fungsi log-likelihood diturunkan terhadap  $N$ , maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(N|M_i, n_i, m_i)}{\partial N} &= 0 + \sum_{i=1}^k \frac{n_i - m_i}{N - M_i} - \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N} \\
\sum_{i=1}^k \frac{n_i - m_i}{N - M_i} &= \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N} \\
\sum_{i=1}^k N n_i - \sum_{i=1}^k N m_i &= \sum_{i=1}^k N n_i - \sum_{i=1}^k M_i n_i \\
\sum_{i=1}^k N m_i - \sum_{i=1}^k M_i n_i &= 0 \\
\sum_{i=1}^k N m_i &= \sum_{i=1}^k M_i n_i \\
N \sum_{i=1}^k m_i &= \sum_{i=1}^k M_i n_i \\
\hat{N} &= \frac{\sum_{i=1}^k M_i n_i}{\sum_{i=1}^k m_i} \quad (3.2)
\end{aligned}$$

Maka persamaan 3.2 merupakan estimator metode Schnabel untuk mengestimasi jumlah anggota populasi.

### 3.5 Varians Estimator Total Populasi Metode Schnabel

Varians dari estimator total populasi metode Schnabel, adalah sebagai berikut:

$$\text{Varians} \left( \frac{1}{\hat{N}} \right) = \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{(\sum_{i=1}^k (n_i M_i))^2} \quad (3.3)$$

Persamaan diatas diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
\frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k n_i} &= \frac{\sum_{i=1}^k M_i}{N} \\
\hat{N} &= \frac{\sum_{i=1}^k M_i n_i}{\sum_{i=1}^k m_i}
\end{aligned}$$

$$\frac{1}{\bar{N}} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k M_i n_i}$$

$$\begin{aligned} \text{Varians} \left( \frac{1}{\bar{N}} \right) &= \left[ E \left( \frac{1}{\bar{N}} \right)^2 \right] - \left[ E \left( \frac{1}{\bar{N}} \right) \right]^2 \\ &= E \left( \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k M_i n_i} \right)^2 - \left[ E \left( \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k M_i n_i} \right) \right]^2 \\ &= \frac{1}{\left( \sum_{i=1}^k M_i n_i \right)^2} \left[ E \left( \sum_{i=1}^k m_i \right)^2 - \left[ E \left( \sum_{i=1}^k m_i \right) \right]^2 \right] \\ &= \frac{1}{\left( \sum_{i=1}^k M_i n_i \right)^2} \text{var} \left( \sum_{i=1}^k m_i \right) \\ &= \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k M_i n_i} \end{aligned}$$

Dan standar error dari estimator total populasi metode Schnabel adalah

$$SE_{\left(\frac{1}{\bar{N}}\right)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\left(\sum_{i=1}^k (n_i M_i)\right)^2}} \quad 3.5$$

### 3.6 Interval Kepercayaan untuk Metode Schnabel

Interval kepercayaan digunakan untuk mengetahui seberapa akuratkah estimasi populasi yang diperoleh. Interval kepercayaan merupakan rentang nilai yang diharapkan untuk menyertakan bahwa estimasi berada dalam rentang tersebut berdasarkan tingkat kepercayaannya. Interval kepercayaan sangat penting untuk mempresisi estimasi yang diperoleh. Biasanya tingkat kepercayaan yang digunakan adalah sebesar 95%, 99% ataupun 90% (J.Krebs, 2014).

Pada metode Schnabel, apabila jumlah hewan yang tertangkap pada penangkapan kembali *recaptures* /  $(\sum_{i=1}^k m_i)$  lebih kecil dari 50, maka selang kepercayaan untuk estimasi populasi pada metode Schnabel harus berdasarkan distribusi poisson. Tabel distribusi poisson dapat dilihat pada lampiran.

Sedangkan untuk jumlah *recaptures*/ $(\sum_{i=1}^k m_i)$  yang lebih besar dari 50, metode Schnabel menggunakan pendekatan distribusi normal.

Sebagai contoh, bila jumlah *recapture* adalah sebanyak 24, maka berdasarkan tabel poisson pada lampiran A, untuk kepercayaan 95% batas atasnya adalah 34.665 dan untuk batas bawah adalah 14.921, lalu disubstitusikan ke persamaan 3.2 sebagai penyebut.