

PENERAPAN METODE SCHNABEL DALAM MENGESTIMASI JUMLAH ANGGOTA POPULASI TERTUTUP (*Studi Kasus Perhitungan Populasi Ikan Mola-mola*)

Gina Safitri, Dadan Dasari, Fitriani Agustina

Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

*Surel: ginasftr@gmail.com

ABSTRAK. Jumlah populasi baik manusia, hewan, tumbuhan berubah setiap waktu. Informasi mengenai jumlah populasi ini dibutuhkan untuk mengetahui keragaman dan kelimpahan makhluk hidup agar tetap terjaga kelestariannya. Statistika telah mengembangkan sebuah metode dalam mengestimasi jumlah anggota populasi hewan pada populasi tertutup yaitu metode *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) yaitu metode estimasi populasi yang dilakukan dengan cara menangkap, menandai, melepaskan dan menangkap kembali sampel sebagai metode pengamatan populasi.

Teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) terdiri dari 3 metode, yaitu metode Licoln-Petersen, metode Schnabel dan metode Schumacher-Eschmeyer. Metode yang paling sederhana dalam *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) adalah metode Licoln-Petersen. Metode Licoln-Petersen merupakan metode yang dilakukan dengan satu kali penandaan (*marking*) dan satu kali penangkapan ulang (*recapture*). Karena estimasi yang diperoleh dari metode ini dinilai kurang akurat, maka untuk mengatasi kekurangan tersebut muncul sebuah metode baru yaitu metode Schnabel. Metode Schnabel merupakan metode estimasi jumlah anggota populasi dalam teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) dimana pengambilan sampel dan penandaan sampelnya dilakukan lebih dari dua kali. Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini penulis mencoba mengaplikasikan metode Schnabel dalam menghitung populasi ikan mola-mola. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa estimasi jumlah anggota populasi ikan mola-mola adalah sebanyak 450 ikan.

Kata Kunci: Populasi hewan, ikan mola-mola, *Capture Mark Release Recapture* (CMRR), metode Schnabel.

ABSTRACT. *The number of human, animal and plant population changes every time. The most accurate method to determine the density of population is by counting the number of the entire individual (census), but it is getting hard to conducted due to various constraints such as the natural situation, the locations of research, the funding and the time. Statistics have developed a method to estimate the number of animal populations in the covered population. The technique is Capture Mark Release Recapture (CMRR). The*

population estimation in this technique is done by capturing, marking, releasing and recapturing sample population as a method of observation.

In Capture Mark Release Recapture (CMRR) there is 3 methods, Licoln-Petersen Method, Schnabel Method and Schumacher-Eschmeyer method. Licoln-Petersen is the simplest method in Capture Mark Release Recapture (CMRR). Licoln Petersen is the method which is performed with one marking and one recapture. Because of the estimates obtained from this method was considered less accurate, then to overcome these deficiencies, the method od Schnabel arose. Schnabel method is a method of estimating the number of closed population in Capture Mark Release Recapture (CMRR) which is sampling and marking more than twice. In writing this paper, the researcher tried to apply Schnabel method in calculating the population of sunfish. Based on the calculations, the estimation number of the sunfish population is 450 fish.

Keyword: Animal population, Sunfish, Capture Mark Release Recapture (CMRR), Schnabel Method.

1. PENDAHULUAN

Populasi dalam bidang ekologi ditafsirkan sebagai kumpulan kelompok makhluk yang sama jenis (atau kelompok yang individunya mampu bertukar informasi genetik) yang mendiami suatu ruangan khusus (Soetjipta, 1992). Hewan merupakan salah satu makhluk hidup yang saat ini diperhatikan oleh pemerintah karena kepunahannya. Oleh karena itu, setidaknya dibutuhkan informasi mengenai jumlah populasi hewan yang hampir punah, agar kita selaku manusia dapat mengantisipasi agar hewan tersebut tidak punah dan melestarikannya.

Beberapa hewan langka diantaranya adalah orang utan, badak bercula satu, musang congkok, ikan mola-mola badak putih dan lain-lain. Ikan mola-mola atau ikan matahari merupakan hewan langka di dunia. Biasanya ikan ini ditemukan di perairan yang bersuhu hangat. Ikan mola-mola merupakan ikan raksasa karena ikan ini berukuran besar rata-rata sekitar 1,8 meter. Ikan ini merupakan hewan langka yang ditemui di dunia, di Indonesia ikan ini bisa ditemukan di Bali dan biasanya hanya ditemukan bulan Juli-September di Nusa Penida.

Metode yang paling akurat untuk mengetahui kerapatan populasi adalah dengan cara menghitung seluruh individu (sensus), namun karena berbagai keterbatasan seperti situasi alam, lokasi penelitian dan waktu menyebabkan hal ini tidak dilakukan. Statistika mengembangkan sebuah metode dalam mengestimasi populasi hewan pada populasi tertutup, yaitu metode *Capture Mark Release Recapture* (CMRR). Metode *Capture Mark Release Recapture* (CMMR)

yaitu metode estimasi populasi yang dilakukan dengan cara menangkap, menandai, melepaskan, dan menangkap kembali sampel sebagai metode pengamatan populasi.

Teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) terdiri dari 3 metode, yaitu metode Licoln-Petersen, metode Schnabel dan metode Schumacher-Eschmeyer. Metode yang paling sederhana dalam *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) adalah metode Licoln-Petersen. Metode Licoln-Petersen merupakan metode yang dilakukan dengan satu kali penandaan (*marking*) dan satu kali penangkapan ulang (*recapture*). Karena estimasi yang diperoleh dari metode ini dinilai kurang akurat, maka untuk mengatasi kekurangan tersebut muncullah sebuah metode baru yaitu metode Schnabel.

Metode Schnabel merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) untuk memperbaiki metode Licoln-Petersen. Metode ini merupakan metode dengan penandaan dan penangkapan ulang hewan lebih dari dua kali.

2. DISTRIBUSI BINOMIAL

Menurut (Nar Herrhyanto, Tuti Gantini, 2009), misalkan diketahui suatu eksperimen yang dilakukan hanya menghasilkan dua peristiwa, seperti peristiwa sukses (*S*) dan peristiwa gagal (*G*). Peluang terjadinya peristiwa *S*, $P(S)$, sebesar p dan peluang terjadinya peristiwa *G* yaitu $P(G)$ sebesar $1 - p$.

Selanjutnya eksperimen itu diulang sebanyak n kali secara bebas dan dari n kali pengulangan itu, peristiwa *S* terjadi sebanyak x kali dan sisanya $(n - x)$ kali terjadi peristiwa *G*. Penentuan besar peluang bahwa banyak peristiwa sukses dalam eksperimen itu sebanyak x kali.

$$\underbrace{S S S \dots S}_{x \text{ kali}} \quad \underbrace{G G G \dots G}_{(n - x) \text{ kali}}$$

Karena setiap pengulangan bersifat bebas, $P(S) = p$ dan $P(G) = 1 - p$ berharga tetap untuk setiap pengulangan percobaan, maka besar peluang dari peristiwa susunan di atas adalah:

$$\begin{aligned} P(S S S \dots S G G G \dots G) &= P(S) \cdot P(S) \cdot P(S) \dots P(S) \cdot P(G) \cdot P(G) \cdot P(G) \dots P(G) \\ &= (p) \cdot (p) \cdot (p) \dots (p)(1 - p)(1 - p)(1 - p) \dots (1 - p) \\ &= p^x(1 - p)^{n-x} \end{aligned}$$

Karena banyaknya susunan keseluruhan peristiwa *S* terjadi ada $\binom{n}{x}$ cara, maka peluang bahwa peristiwa *S* terjadi dalam x kali adalah :

$$\begin{aligned}
 f(x) &= P(X = x) \\
 &= \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \\
 &= \frac{n!}{x! (n-x)!} n^x (1 - p)^{n-x}
 \end{aligned}$$

dimana variabel acak X melambangkan jumlah peristiwa sukses dalam n percobaan dan $x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat diperoleh definisi distribusi Binomial:

Definisi

Peubah acak X dikatakan berdistribusi binomial, jika dan hanya jika fungsi peluangnya berbentuk :

$$p(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}, x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$

Peubah acak X yang berdistribusi binomial dikatakan juga peubah acak binomial. Penulisan notasi dari peubah acak X yang berdistribusi binomial adalah $B(x; n, p)$ artinya sebuah peubah acak X berdistribusi binomial dengan banyak pengulangan sebanyak n kali, peluang terjadi peristiwa sukses sebesar p , dan banyak peristiwa sukses terjadi sebanyak x .

Dalil Parameter distribusi binomial

Menurut (Nar Herrhyanto, Tuti Gantini, 2009), rataan, varians dan fungsi pembangkit momen dari distribusi binomial adalah sebagai berikut:

1. $\mu = n p$
2. $\sigma^2 = n p (1 - p)$
3. $M_X(t) = [(1 - p) + p \cdot e^t]; t \in \mathbb{R}$

4. METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD (MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATOR / MLE)

Menurut (Widiharih, 2009), metode maksimum likelihood merupakan salah satu metode yang dapat dipergunakan untuk menentukan estimator titik dari suatu parameter. Sejauh ini, metode maksimum likelihood merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengestimasi parameter. Misalkan X_1, X_2, \dots, X_n adalah sampel acak dari suatu populasi dengan fungsi densitas $f(x|\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$.

Fungsi likelihood didefinisikan dengan:

$$L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X) = \prod_{i=1}^n f(x | \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$$

Bila fungsi likelihood ini terdiferensialkan dalam $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ maka calon estimator maksimum likelihood yang mungkin adalah harga-harga $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_k$ sedemikian sehingga:

$$\frac{\partial (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X)}{\partial \theta_i^2} \bigg|_{\theta = \hat{\theta}_i^2} < 0$$

Dalam banyak kasus dimana diferensi digunakan, akan lebih mudah bekerja pada logaritma alam (l) dari $L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X)$ yaitu: $l = \log L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X)$.

Jelasnya, untuk menentukan estimator maksimum Likelihood dari $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$ adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan fungsi likelihood :

$$L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X) = \prod_{i=1}^n f(x | \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$$

2. Bentuk log likelihood

$$l = \log L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X)$$

3. Tentukan turunan dari

$$l = \log L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X) \text{ terhadap } \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k;$$

4. Bentuk persamaan likelihood

$$\frac{\partial l}{\partial \theta} (\log L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | X)) = 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, k$$

5. TEKNIK CAPTURE MARK RELEASE RECAPTURE (CMRR)

Pengertian

Teknik *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) ini dilakukan untuk mengestimasi jumlah anggota populasi pada populasi tertutup. Teknik ini dilakukan dengan cara menangkap (*Capture*) sejumlah sampel yang terdapat dalam populasi yang telah ditentukan, menandai (*Marking*) semua sampel yang tertangkap (untuk sampel yang sudah ditandai pada penangkapan sebelumnya tidak diberi tanda kembali), melepaskan (*Release*) sampel yang tertangkap ke

populasi dan menangkap kembali (*Recapture*) sampel acak pada populasi, lalu menghitung dan menganalisisnya.

Asumsi Dasar Teknik *Capture Mark Release Recapture (CMRR)*

Terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebelum menggunakan teknik *Capture Mark Release Recapture (CMRR)*. Menurut (Mark Lindberg & Eric Rexstad, 2002) asumsi-asumsi yang harus dipenuhi pada teknik *Capture Mark Release Recapture (CMRR)* adalah sebagai berikut:

- Penandaan pada hewan tidak mempengaruhi perilaku dan nasib hewan yang ditandai.
- Penandaan tidak hilang selama proses penelitian.
- Setiap hewan yang ditandai yang hidup dalam populasi pada waktu ke- t mempunyai peluang yang sama untuk ditangkap.
- Perilaku setiap hewan yang ditandai tidak berhubungan dengan hewan lain yang ditandai.
- Pengambilan sampel dalam waktu yang singkat.

Macam-Macam Teknik *Capture Mark Release Recapture (CMRR)*

a. Metode Licoln-Petersen.

Metode Licoln-Petersen merupakan metode yang paling sederhana dalam teknik *Capture Mark Release Recapture (CMRR)*, metode ini digunakan untuk menganalisis jumlah populasi pada populasi yang tertutup. Pada metode Licoln-Petersen hanya dilakukan satu kali penandaan pada sampel yang tertangkap dan hanya satu kali penangkapan ulang (*recapture*). Karena hal itu, metode Licoln-Petersen disebut sebagai metode yang paling sederhana dalam mengestimasi populasi pada populasi tertutup.

Estimasi Licoln-Petersen dapat diturunkan berdasarkan asumsi awal bahwa jika sampel kedua merupakan sampel acak dari populasi hewan yang sudah ditandai dan belum ditandai, maka proporsi dari hewan yang ditandai pada sampel yang terambil pada pengambilan kedua sama dengan proporsi hewan yang sudah ditandai pada populasi hewan yang ditandai pada populasi.

$$\frac{m}{n} = \frac{M}{N}$$

Dari asumsi di atas, maka untuk menentukan estimasi jumlah anggota populasi, metode Licoln-Petersen menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$\hat{N} = \frac{n}{m}$$

Simbol :

\hat{N} = Estimasi jumlah anggota populasi.

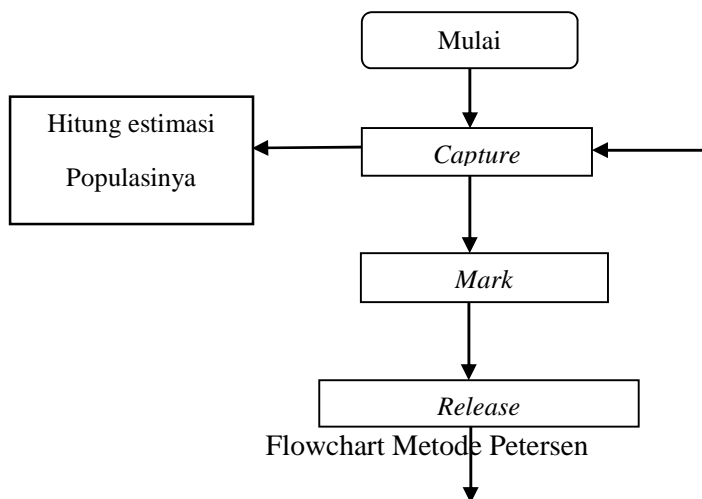
i = Pengambilan sampel ke- i .

M = Jumlah hewan yang ditandai pada populasi.

m = Hewan yang ditangkap pada sampel kedua, tetapi sudah ditandai pada pengambilan sampel pertama.

n = Jumlah sampel yang tertangkap pada pengambilan sampel kedua.

Prosedur metode Licoln-Petersen dapat dilihat dalam *flowchart* berikut:



b. Metode Schnabel

Metode Schnabel merupakan metode *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) dengan penandaan dan penangkapan ulang lebih dari dua kali.

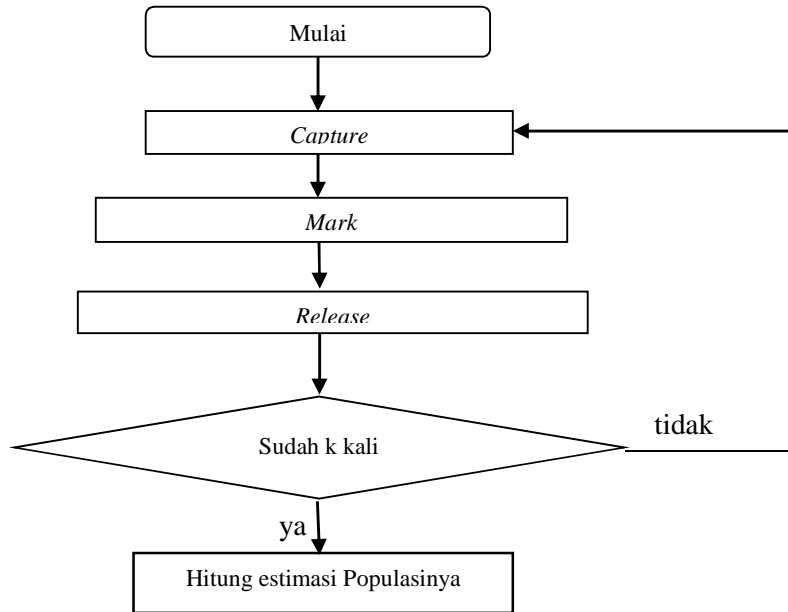
Asumsi-asumsi pada Metode Schnabel

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

- Pemberian tanda pada hewan tidak mudah hilang.
- Hewan yang sudah ditandai harus tercampur secara homogen dalam populasi.
- Populasi harus dalam sistem tertutup

- Hewan yang ditangkap sekali atau lebih, tidak mempengaruhi hasil sampling selanjutnya.
- Sampling dilakukan dengan interval waktu yang tetap.
- Ukuran populasi harus konstan dari satu periode sampling dengan periode yang berikutnya.

Untuk mempermudah pemahamannya, perhatikan *flowchart* untuk prosedur metode Schnabel berikut ini:



Estimasi Jumlah Anggota Populasi dengan Metode Schnabel

Perumusan estimasi jumlah anggota populasi dengan menggunakan metode Schnabel, yaitu (Ogle, 2013):

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

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 . $M_1 = 0$

\bar{N} = Estimasi jumlah anggota populasi.

Varians Estimator Total Populasi Metode Schnabel

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

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

Dan standar error dari estimator total populasi metode Schnabel

adalah

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

Interval Kepercayaan untuk Metode Schnabel

Pada metode Schnabel, apabila jumlah hewan yang tertangkap pada penangkapan kembali *recaptures* / $\left(\sum_{i=1}^k m_i \right)$ lebih kecil dari 50, maka selang kepercayaan untuk estimasi populasi pada metode Schnabel harus berdasarkan distribusi poisson. Sedangkan untuk jumlah *recaptures* / $\left(\sum_{i=1}^k m_i \right)$ yang lebih besar dari 50, metode Schnabel menggunakan pendekatan distribusi normal.

c. Metode Schumayer-Eschmeyer

Metode Schumayer-Eschmeyer merupakan pengembangan dari metode Schnabel dan metode Licoln-Petersen, hanya saja karena perhitungannya yang cukup rumit membuat metode ini jarang digunakan oleh para ahli ekologi untuk menghitung jumlah anggota populasi. Estimasi populasi menurut metode ini adalah (Ogle D. , 2013):

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i M_i^2}{\sum_{i=1}^k m_i M_i}$$

Dengan varians sebagai berikut:

$$V \left(\frac{1}{\bar{N}} \right) = \frac{\sum \frac{m_i^2}{n_i} - \frac{\sum (m_i M_i)^2}{\sum n_i M_i^2}}{(k-2) \sum n_i M_i^2}$$

Dan standar error sebagai berikut:

$$S \left(\frac{1}{\bar{N}} \right) = \sqrt{\frac{\sum \frac{m_i^2}{n_i} - \frac{\sum (m_i M_i)^2}{\sum n_i M_i^2}}{(k-2) \sum n_i M_i^2}}$$

Untuk interval kepercayaan pada metode Schumayer-Eschmeyer, gunakan t tabel dengan menggunakan formula dibawah ini:

$$\frac{1}{\bar{N}} \pm t_{\alpha} S.E$$

Dimana S merupakan standar error dari $\frac{1}{\bar{N}}$

t_{α} = nilai dari t tabel untuk limit kepercayaan $(100 - \alpha)\%$

Gunakan derajat kebebasan $k - 2$ untuk metode Schumayer-Eschmeyer, dimana k adalah jumlah seluruh pengambilan sampel.

3. METODE LIKELIHOOD DALAM METODE CAPTURE MARK RELEASE RECAPTURE (CMRR)

Perhitungan metode maksimum likelihood untuk metode-metode dalam *Capture Mark Release Recapture* (CMRR) adalah sebagai berikut (Ogle, 2013):

1. Licoln-Petersen

Metode Licoln-Petersen dapat digolongkan sebagai peristiwa yang mengikuti proses bernoulli. Setelah hewan yang ditangkap ditandai kemudian dikembalikan ke dalam populasi, maka populasi mengandung dua jenis hewan yaitu yang sudah ditandai dan belum ditandai.

- Jika hewan yang terambil pada sampel kedua tidak saling independen, maka fungsi likelihood mengikuti distribusi hipergeometrik.

- Jika hewan yang terambil pada sampel kedua saling independen, maka jumlah hewan yang ditandai dalam sampel kedua (m) adalah variabel acak yang mengikuti distribusi binomial.

2. Schnabel

Untuk mengestimasi jumlah anggota populasi pada metode Schnabel dengan likelihood, perhitungannya sama seperti metode Licoln-Petersen, Jika hewan yang terambil pada sampel kedua saling independen, maka jumlah

hewan yang ditandai dalam sampel kedua (m_1) adalah variabel acak yang mengikuti distribusi binomial.

3. Schumacher-Eschmeyer

Untuk mengestimasi jumlah anggota populasi pada metode Schumacher-Eschmeyer dengan likelihood, perhitungannya menggunakan kriteria WLS (*weighted least-square*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai studi kasus penerapan metode Schnabel dalam mengestimasi jumlah anggota populasi. Data yang digunakan dalam penulisan skripsi ini merupakan data sekunder yang diperoleh dalam J.Krebs 2014 yaitu data mengenai ikan mola-mola yang diestimasi jumlah populasinya. Data ikan mola-mola dapat disajikan dalam pada tabel berikut:

Data Ikan Mola-mola dalam J.Krebs 2014

Tanggal	Jumlah Ikan yang tertangka p (n_1)	jumlah ikan yang ditandai pada pengambilan sampel (m_1)	jumlah ikan yang harus ditandai per-pengambilan sampel	jumlah ikan yang ditandai per keseluruhan (M_1)
02-Jun	10	0	10	0
03-Jun	27	0	27	10
04-Jun	17	0	17	37
05-Jun	7	0	7	54
06-Jun	1	0	1	61
07-Jun	5	0	5	62
08-Jun	6	2	4	67
09-Jun	15	1	14	71
10-Jun	9	5	4	85
11-Jun	18	5	13	89
12-Jun	16	4	12	102
13-Jun	5	2	3	114
14-Jun	7	2	5	117
15-Jun	19	3	16	122
jumlah	162	24	138	991

Sumber : (J.Krebs, 2014)

Estimasi Populasi

Pada subbab ini akan membahas mengenai proses estimasi jumlah anggota populasi dari ikan mola-mola pada tabel 4.1 dengan metode Schnabel. Beberapa informasi yang diperlukan untuk perhitungan estimasi populasi dari ikan mola-mola disajikan pada tabel berikut:

Tabel mengenai informasi yang diperlukan untuk perhitungan jumlah anggota populasi Ikan Mola-mola

Tanggal	Jumlah Ikan yang tertangkap n_i	jumlah ikan yang ditandai pada pengambilan sampel m_i	jumlah ikan yang ditandai per-pengambilan sampel	jumlah ikan yang ditandai per keseluruhan M_i	$M_i n_i$
02-Jun	10	0	10	0	0
03-Jun	27	0	27	10	270
04-Jun	17	0	17	37	629
05-Jun	7	0	7	54	378
06-Jun	1	0	1	61	61
07-Jun	5	0	5	62	310
08-Jun	6	2	4	67	402
09-Jun	15	1	14	71	1065
10-Jun	9	5	4	85	765
11-Jun	18	5	13	89	1602
12-Jun	16	4	12	102	1632
13-Jun	5	2	3	114	570
14-Jun	7	2	5	117	819
15-Jun	19	3	16	122	2318
jumlah	162	24	138	991	10821

Berdasarkan tabel 4.2, diperoleh bahwa estimasi jumlah anggota populasi ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^k M_i n_i = 10821$$

$$\sum_{i=1}^k m_i = 24$$

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

$$\hat{N} = \frac{10821}{24} = 450,875 \text{ ul} \approx 450 \text{ ul}$$

Artinya estimasi jumlah anggota populasi ikan mola-mola berdasarkan perhitungan dalam metode Schnabel adalah sebanyak 450 ikan. Selanjutnya dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, pada bab 2 telah dijelaskan bahwa apabila jumlah hewan yang ditandai pada pengambilan sampel kurang dari 50, maka selang kepercayaan untuk estimasi populasi mengikuti tabel distribusi poisson. Karena ($\sum m_i = 24$), maka berdasarkan tabel distribusi poisson maka dapat diperoleh limit kepercayaan yaitu 14,921 dan 34,665.

Untuk batas bawah interval kepercayaan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%, diperoleh:

$$\frac{\sum_{i=1}^k M_i n_i}{\sum m_i} = \frac{1}{3,6} = 312,159$$

Untuk batas atas interval kepercayaan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%, diperoleh:

$$\frac{\sum_{i=1}^k M_i n_i}{\sum m_i} = \frac{1}{1,9} = 725,219$$

Maka dapat disimpulkan bahwa untuk selang kepercayaan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%, jumlah populasi ikan mola-mola berada pada selang 312-725 ekor.

Varians yang diperoleh berdasarkan pada data ikan mola-mola dengan metode Schnabel adalah sebagai berikut:

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

$$V = \frac{2}{(\mathbf{1})^2}$$

$$V = \frac{2}{1} = 2,049 \times 10^{-7}$$

Sedangkan standar error nya diperoleh:

$$S_{\left(\frac{1}{N}\right)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\left(\sum_{i=1}^k (m_i M_i)\right)^2}}$$

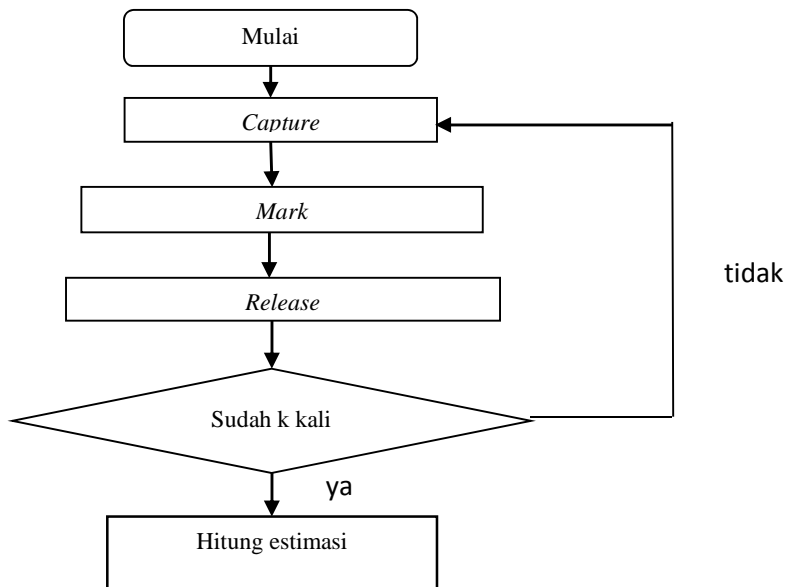
$$S_{\left(\frac{1}{N}\right)} = \sqrt{2,049 \times 10^{-7}} = 4,5272 \times 10^{-4}$$

Standar error dari data ikan mola-mola di atas relatif sangat kecil, artinya metode Schnabel cukup baik mempresentasikan jumlah anggota populasi (\bar{N}) ikan mola-mola.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Metode Schnabel merupakan salah satu metode yang baik yang digunakan untuk mengestimasi jumlah anggota populasi dalam suatu populasi tertutup. Metode ini dilakukan dengan lebih dari 2 kali penangkapan ulang (*recapture*) dan lebih dari dua kali penandaan. Adapun prosedur yang digunakan dalam metode ini dapat dilihat pada *flowchart* sebagai berikut:



b. Penulis menerapkan metode Schnabel pada perhitungan populasi ikan mola-mola yang diperoleh dalam Ecological Methodology oleh Charless J. Krebs. Dengan perhitungan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya untuk metode Schnabel, maka diperoleh estimasi jumlah populasinya sebagai berikut:

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

$$\hat{N} = \frac{1}{2} = 450 \text{ ikan}$$

Artinya estimasi jumlah anggota populasi ikan mola-mola dengan metode Schnabel adalah sekitar 450 ikan.

Saran

Saran Teoritis

Pada penelitian ini, saran teoritis yang diberikan adalah untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan data yang dilakukan langsung oleh peneliti. Menggunakan metode Schumacher-Eschmeyer untuk memperbaiki metode Schnabel.

Saran Praktis

Adapun saran praktisnya adalah kita sebagai manusia harus menjaga dan melestarikan hewan yang hampir punah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bungin, B. (2005). *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Kencana.
- [2] Effendi M.I. (1978). *Biologi Perikanan Bag II*. Bogor: IPB.
- [3] J.Krebs, C. (2014). *Ecological Methodology*. Vancouver: University of British Columbia.
- [4] McFarlane, S. (2003). *Pathology illustrated*. New York: EGC.
- [5] Rachel S.McCrea & Bryon J.T Morgan. (2015). *Analysis Capture and Recapture Data*. Dalam R. S. Morgan, *Estimating the sized of close populations* (hal. 27). Boca Raton: CRC Press.
- [6] M.Nazir. (2005). *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- [7] Mark Lindberg & Eric Rexstad. (2002). *Capture-Recapture sampling designs*. *Encyclopedia of Environmetrics Volume 1*, 251-262.
- [8] Nar Herrhyanto, Tuti Gantini. (2009). *Pengantar Statistika Matematis*. Bandung: Yrama Widya.
- [9] Nawawi, H. (1983). *Metode Penelitian Bidang Sosial*. Dalam H. Nawawi, *Metode Penelitian Bidang Sosial* (hal. 141). Yogyakarta: Gajah Mada University.
- [10] Ogle, D. (2013). *Closed Mark-Recapture Abundance Estimates*.
- [11] Ricker, W. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. *Technical Report Bulletin 191*, 215-226.
- [12] Seber, G.A.F. (1973). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Bristol: J.W Arrowsmith Ltd.
- [13] Soetjipta. (1992). *Dasar-Dasar Ekologi Hewan*. Jakarta: DEPDIKBUD, DIKTI.
- [14] Southwood. (1971). *Ecological Methods with Particular reference to Study of Insect Population*. Chapman and Hall.

- [15] Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Bandung: Alfabeta.
- [16] Tim Jessop, M. J. (t.thn.). *Kursus Metode Sampling dan Statistik dalam Populasi Tertutup digunakan untuk Penaksiran Kelimpahan*.
- [17] Widiyah, T. (2009). *Buku Ajar Statistika Matematika II*. Semarang: Universitas Diponegoro.