Strategi Optimalisasi Budidaya Abalon (*Haliotis asinina*) Di Pulau Lombok Menggunakan Matriks Leslie

Mamika Ujianita Romdhini, Marliadi Susanto

Program Studi Matematika FMIPA Universitas Mataram
email : mamika_ur@yahoo.com

Abstrak

Suatu studi tentang strategi optimalisasi budidaya abalon di Pulau Lombok menggunakan matriks Leslie telah dilakukan. Abalon (*Haliotis asinina*) merupakan salah satu etnofauna andalan NTB dan nasional sebagai komoditas perairan laut untuk ekspor. Penurunan produksi abalon yang disertai dengan mahalnya harga jual dan tingginya permintaan dunia terhadap abalon menjadi peluang sekaligus tantangan bagi pengembangan industrialisasi abalon di Indonesia. Untuk menjawab tantangan tersebut, maka akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk melakukan kajian model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok dan mendapatkan kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda. Untuk Pulau Lombok, lokasi budidaya abalon berpusat di Balai Budidaya Laut Pantai Kuta, Lombok Tengah dan Balai Budidaya Laut Pantai Sekotong, Lombok Barat. Rancangan penelitian untuk tahun pertama dimulai dengan menganalisis populasi abalon berdasarkan kelompok umur dan data jumlah populasi betina ke lokasi budidaya abalon secara kontinu. Data yang diperoleh kemudian diolah sehingga didapatkan angka daya tahan hidup (*survival rate*) tiap kelompok usia abalon menuju tahap usia selanjutnya serta Angka kelahiran (*age birth*) untuk tiap kelompok usia abalon hasil pemetaan lokasi budidaya abalon di Pulau Lombok. Pengkonstruksian matriks Leslie didasarkan pada angka daya tahan hidup dan angka kelahiran yang telah didapatkan. Dengan analisis software Matlab diperoleh nilai eigen dari matriks Leslie tersebut dan diketahui akar Perronnya. Sehingga model Leslie dari pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok dapat diketahui. Hasilnya adalah diperoleh model Leslie $X^k = 0,992X^{(k-1)}$ yang berarti bahwa pertumbuhan populasi abalon akan terus menurun dengan akar Perron sebesar 0,992, artinya pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok akan menurun tiap tahunnya sebesar 0,8%.

Kata kunci : Matriks Leslie, Abalon (*Haliotis asinina*), Pulau Lombok

BAB I. PENDAHULUAN

Abalon (*Haliotis asinina*) merupakan salah satu etnofauna andalan NTB dan nasional sebagai komoditas perairan laut untuk ekspor. Keberadaan siput ini telah memberikan peranan yang penting bagi perekonomian masyarakat pesisir tidak hanya untuk dimakan atau dijual di pasar lokal, tapi juga diekspor ke beberapa negara Asia, Eropa dan Amerika Serikat (Sarkono *et al.*, 2010). Menurut Faturrahman *et al* (2013), selama ini penangkapan abalon di alam dilakukan secara berlebihan (*overexploitation*) dan bersifat tidak selektif sehingga menimbulkan penurunan populasinya secara drastis sehingga dapat mengancam kelestarian abalon. Hingga kini pengembangan budidaya abalon secara luas dalam skala industri masih terkendala oleh rendahnya ketersediaan benih dan pertumbuhan abalone yang lambat.

Total produksi abalon dunia dari hasil budidaya dan tangkapan terus meningkat dari 20,370 tahun 2007 menjadi 44, 510 tahun 2008, sementara hasil tangkapan dari alam cenderung terus menurun dari 20,000 ton pada tahun 1970 menjadi 9,000 ton tahun 2008 (Gordon and Cook, 2010) seperti yang tersaji dalam Gambar 1 berikut.

Gambar 1. Produksi abalon dunia dari hasil tangkapan

Menurut ACIAR (2007), ekspor abalon Indonesia yang diwakili oleh NTB ke Hongkong pada tahun 2005 ialah sebesar 5.2 ton dan 3.6 ton pada tahun 2006. Penurunan produksi abalon harian dari hasil tangkapan terlihat dari jumlah produksi pada tahun 1980-an yaitu 300 kg per hari yang turun menjadi 200 kg per

hari di tahun 1990-an dan kurang dari 100 kg sejak tahun 2000. Selain itu menurut Setyono DED (2008) dalam Faturrahman (2012) juga telah meneliti tentang ukuran panjang cangkang abalon yang turun, dari 8 cm pada tahun 1980-an menjadi 7 cm tahun 1990-an dan ≤ 6 cm sejak tahun 2000.

Penurunan produksi abalon yang disertai dengan mahalanya harga jual (US \$150/kg) dan tingginya permintaan dunia (gap 40% antara permintaan dan penawaran) terhadap abalon menjadi peluang sekaligus tantangan bagi pengembangan industrialisasi abalon di Indonesia (Faturrahman, 2012). Untuk menjawab tantangan ini, Catton et al (2013) melaporkan bahwa suatu model matriks digunakan untuk menilai potensi pemulihan populasi abalon dengan memasukkan parameter fekunditas, jarak tetangga terdekat, ukuran agregat, rasio jenis kelamin, dan ukuran data frekuensi, yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh parameter-parameter tersebut pada laju pertumbuhan populasi abalon.

Rogers-Bennet et al (2006) juga telah meneliti model matriks abalone merah, *Haliotis rufescens*, dan abalone putih, di mana ukuran pertumbuhan populasinya dipengaruhi oleh suatu nilai eigen yang paling dominan. Hal ini senada dengan hasil penelitian oleh tim pengusul yang menyatakan bahwa suatu matriks Leslie dapat memodelkan pertumbuhan sapi di NTB dengan memperhatikan nilai eigen yang paling dominan (akar Perron) (Prayanti et al, 2010). Begitu pula dengan hasil yang diperoleh oleh Romdhini et al (2013), bahwa pertumbuhan penduduk di Kota Mataram dapat dimodelkan dengan matriks Leslie.

Urgensi (keutamaan) penelitian adalah peningkatan produksi budidaya abalon yang dapat meningkatkan pendapatan nelayan dan diharapkan dapat bermanfaat secara luas bagi pengembangan ekonomi. Selain itu, pengembangan teknologi pemanfaatan air yang lebih efisien memiliki strategi jangka panjang untuk meningkatkan pendapatan masyarakat di Pulau Lombok khususnya.

Oleh karena itu pada kajian ini, penerapan matriks Leslie yang diharapkan dapat mengkaji model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok dalam rangka meningkatkan produksi abalon dan diperoleh kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda. Untuk Pulau Lombok, lokasi budidaya abalon berpusat di Balai Budidaya

Laut Pantai Kuta, Lombok Tengah dan Balai Budidaya Laut Pantai Sekotong, Lombok Barat. Kedua lokasi inilah yang akan menjadi pusat penelitian tim pengusul untuk memperoleh data data penelitian, seperti yang tersaji pada Gambar 2 berikut.

Gambar 2. Peta Lokasi budidaya abalon di Pulau Lombok :
A. Balai Budidaya Laut Pantai Kuta, Lombok Tengah;
B. Balai Budidaya Laut Pantai Sekotong, Lombok Barat.

Adapun tujuan penelitian ini untuk tahun pertama adalah melakukan kajian model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok. Sedangkan tujuan penelitian untuk tahun kedua yaitu mendapatkan kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu model pertumbuhan populasi yang sering digunakan oleh ahli demografi adalah Matriks Leslie atau yang biasa disebut dengan model Leslie. Suatu populasi dapat dimodelkan dengan Matriks Leslie dengan mengetahui jumlah populasi perempuan. Setiap saat, komposisi jumlah perempuan dalam suatu populasi dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu faktor kelahiran, kematian dan penambahan usia.

Pada matriks Leslie, untuk mengetahui model pertumbuhan suatu populasi ada beberapa asumsi yang harus terpenuhi yaitu:

1. Hanya dibutuhkan jumlah populasi *female* (perempuan).
2. Usia maksimum yang dapat dicapai suatu populasi.
3. Kelompok usia dari populasi.
4. Daya tahan hidup (*survival rate*) tiap kelompok usia menuju tahap usia selanjutnya diketahui.
5. Angka kelahiran (*age birth*) untuk tiap kelompok usia diketahui

(Yokoyama, 1997).

Para perempuan didistribusikan kedalam beberapa kelompok usia. Misalkan U adalah usia maksimum yang dapat dicapai oleh perempuan pada suatu populasi. Apabila perempuan tersebut dibagi menjadi ke dalam n kelompok berdasarkan usia, maka jarak interval masing-masing kelompok adalah U/n . Dengan demikian, kelompok 1 adalah mereka yang berusia $[0, U/n)$, kelompok 2 adalah mereka yang berusia $[U/n, 2U/n)$, ..., kelompok n adalah mereka yang berusia $[(n-1)U/n, U]$.

Misalkan t_i adalah waktu pengamatan, $i = 0, 1, 2, \dots, k, \dots$. Pada Model Leslie jarak pengamatan t_{i-1} ke t_i sama dengan jarak interval kelompok. Jadi, $t_i = iU/n$, untuk $i = 0, 1, 2, \dots$

Misalkan a_i adalah rata-rata banyaknya anak perempuan yang lahir dari setiap kelompok i dan b_i adalah perbandingan antara banyak perempuan yang bertahan hidup (*survival rate*) sehingga mampu masuk ke dalam kelompok $+1$, dengan banyaknya perempuan dalam kelompok i . Perhatikan bahwa paling sedikit satu $a_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, n$ dan $0 < b_i \leq 1$. Perhatikan juga paling sedikit satu $a_i >$

0, karena jika tidak berarti proses kelahiran tidak terjadi dan $b_i > 0$, karena jika tidak maka tidak ada perempuan yang dapat bertahan ke dalam kelompok $i + 1$.

Misalkan $X_i^{(k)}$ adalah banyaknya perempuan pada kelompok i pada pengamatan t_k untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Pada saat pengamatan t_k banyaknya perempuan pada kelompok 1 sama dengan banyaknya anak perempuan yang lahir di kelompok 1 dari waktu t_{k-1} ke t_k + banyaknya anak perempuan yang lahir di kelompok 2 dari waktu t_{k-1} ke t_k + banyaknya anak perempuan yang lahir di kelompok n dari waktu t_{k-1} ke t_k . Jadi,

$$X_1^k = a_1 X_1^{k-1} + a_2 X_2^{k-1} + \dots + a_n X_n^{k-1} \quad (2.1)$$

Karena jarak interval setiap kelompok sama dengan jarak dua pengamatan yang berurutan, maka semua perempuan yang berada pada kelompok $i + 1$ pada saat pengamatan t_{k+1} berada pada kelompok i pada saat pengamatan t_k . Oleh karena itu banyaknya perempuan pada kelompok $i + 1, i = 1, 2, \dots, n - 1$, pada saat pengamatan t_k sama dengan banyaknya perempuan yang masih hidup pada kelompok i pada waktu t_{k-1} ke t_k . Jadi,

$$\begin{aligned} X_1^k &= a_1 X_1^{k-1} + a_2 X_2^{k-1} + \dots + a_n X_n^{k-1} \\ X_2^k &= b_1 X_1^{k-1} \\ X_3^k &= b_2 X_2^{k-1} \\ &\vdots \\ X_{i+1}^k &= b_i X_i^{k-1}, i = 1, 2, 3, \dots, n - 1 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.1) dan (2.2) dapat ditulis dalam bentuk matriks

$$\begin{aligned} X^k &= L X^{(k-1)}, k = 1, 2, 3, \dots \\ \leftrightarrow \begin{bmatrix} X_1^k \\ X_2^k \\ X_3^k \\ \vdots \\ X_n^k \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_{n-1} & a_n \\ b_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_n & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1^{k-1} \\ X_2^{k-1} \\ X_3^{k-1} \\ \vdots \\ X_n^{k-1} \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

di mana $X^k = \begin{bmatrix} X_1^k \\ X_2^k \\ \vdots \\ X_n^k \end{bmatrix}$, adalah vektor distribusi usia pada waktu t_k dan $X^{(k-1)} =$

$\begin{bmatrix} X_1^{k-1} \\ X_2^{k-1} \\ X_3^{k-1} \\ \vdots \\ X_n^{k-1} \end{bmatrix}$ adalah vektor distribusi usia pada waktu t_{k-1} , serta $L =$

$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \cdots & a_{n-1} & a_n \\ b_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & b_n & 0 \end{bmatrix}$ disebut matriks Leslie. (Simanihuruk, 2005)

Selanjutnya, untuk memperoleh model pertumbuhan populasi dari matriks Leslie, diperlukan nilai akar Perron. Studi pendahuluan tentang model Leslie yaitu menentukan Hubungan antara model Leslie dengan akar Perronnya telah dibahas dalam Prayanti et al (2010) yang menyatakan bahwa jika λ_1 adalah akar Perron dari Matriks Leslie (L), maka $X^k = L X^{(k-1)}$ dapat diwakili oleh $X^k = \lambda_1 X^{(k-1)}$. Model ini diterapkan pada pada populasi sapi di NTB dengan model Leslienya adalah

$$X^k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,35454 \\ 1,00351 & 0 & 0 \\ 0 & 3,32127 & 0 \end{bmatrix} X^{(k-1)}.$$

Akar Perron dari Matriks Leslie untuk Provinsi NTB adalah $\lambda_p=1,0572$, karena matriks Leslie dapat diwakili oleh akar Perronnya maka model pertumbuhan sapi di Provinsi NTB berdasarkan akar Perron adalah $X^k = 1,0572X^{(k-1)}$. Artinya pertumbuhan pertumbuhan sapi di Provinsi NTB akan meningkat sebesar 5,72% tiap tahunnya.

Begitu pula dalam Romdhini et al (2013) diperoleh bahwa pertumbuhan populasi penduduk di Kota Mataram dapat dimodelkan dengan matriks Leslie yaitu $X^k = 1,0303 X^{(k-1)}$, artinya pertumbuhan penduduk di kota mataram tiap tahunnya sebesar 3,03%. Hal ini berarti target BKKBN pusat yang menargetkan proyeksi pertumbuhan NTB hingga 5 tahun ke depan konstan di angka 2 persen tidak dapat tercapai menurut Matriks Leslie.

Penerapan matriks Leslie untuk penelitian ini adalah pada populasi abalon di Pulau Lombok. Menurut Faturrahman et al (2013), sistem Budidaya Abalon sampai sejauh ini di Indonesia hanya menggunakan 2 metode yaitu kurungan tancap (*Pen-Culture*) dan keramba jaring apung (KJA) (Gambar 3).

Gambar 3. Beberapa metode budidaya abalone. A. KJA; B. kurungan tancap;

Persyaratan lokasi untuk budidaya abalone dengan metode kurungan tancap adalah daerah pantai dengan curah hujan rendah, jauh/tidak ada muara sungai, pantai yang landai/datar (tidak curam/terjal), dasar pantai pasir berkarang dan terdapat alga laut yang tumbuh, ketinggian air saat surut terendah minimal 10 cm, mudah dijangkau dan diawasi, dan gelombang yang tidak terlalu besar. Metode kurung tancap memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah risiko keamanan yang tinggi baik dari terjangan ombak, predator alami maupun dari gangguan manusia.

Pemilihan lokasi budidaya kerang abalone dengan metode KJA pada prinsipnya sama dengan pemilihan lokasi pada budidaya ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dengan sistim KJA. Oleh karena itu, budidaya kerang abalone dapat dilakukan secara bersama dengan ikan kerapu bebek dalam jaring yang berbeda ataupun terpisah. Adapun persyaratan lokasi adalah a) terhindar dari gangguan alam seperti gelombang, arus, bukan daerah up welling, kedalaman perairan pada surut terendah minimal 3 meter, dan tidak tercemar, b) faktor kualitas air, seperti salinitas, pH, suhu, DO, ammonia, dan kecerahan.

Nusa Tenggara Barat memiliki banyak daerah pantai yang memenuhi semua kriteria diatas, sehingga berpotensi dijadikan sebagai kawasan pengembangan budidaya abalone nasional. Hampir semua teluk dan gili didaerah

selatan Lombok Tengah dan Lombok Timur secara bioekologi layak dikembangkan sebagai kawasan budidaya. (Faturahman et al, 2013)

Abalon dikelompokkan dalam kelas gastropoda laut atau siput laut yang memiliki cangkang tunggal. Sebutan abalon berasal dari bahasa spanyol “*aulon*” atau “*aulone*.” Abalon di Indonesia dikenal dengan sebutan ‘siput lapar kenyang’ dan ‘siput mata tujuh’ (Setyono, 2009). Di Indonesia diketahui ada 7 jenis abalon (Dharma, 1988). Ketujuh jenis abalon tersebut yaitu : *Haliotis asinina*, *Haliotis varia*, *Haliotis squamata*, *Haliotis ovina*, *Haliotis glabra*, *Haliotis planata*, dan *Haliotis crebrisculpta*.

Sebagaimana umumnya terdapat pada siput, abalon memiliki cangkang tunggal dan berada di bagian dorsal serta hampir menutupi semua bagian tubuh abalon. Cangkang abalon multi warna, dan semua warna-warna tersebut ditentukan oleh faktor genetik. Cangkang memiliki deretan lubang yang berfungsi sebagai alat respirasi, pengeluaran urin dan gamet. Cangkang abalon tumbuh melalui penambahan material baru pada bagian anterior dan merupakan salah satu cara yang paling umum digunakan sebagai indikator dari ukuran abalon serta bervariasi antara satu spesies dengan spesies lainnya (Fallu 1991).

Abalon merupakan siput laut yang bergerak dengan kaki perut, kaki inilah yang memiliki nilai komersial sebagai makanan. Cangkang tipis dan rata pada bagian puncak berbentuk spiral seperti telinga. Pada bagian dalam cangkang berwarna putih mengkilap seperti perak dengan sederet lubang-lubang. Seratus tentakel muncul dari tepi sisi kerang dan diduga sebagai alat sensor. Abalon memiliki kepala dengan mata, tentakel dan sebuah radula serta tidak memiliki operculum. Bentuk tubuh asimetrik. Alat gerak terdapat pada bagian ventral, digunakan untuk bergerak (Geiger, 2005).

Abalon adalah hewan dioecious (kelamin terpisah), kelenjar reproduksi atau gonad menyelubungi saluran usus dan secara bersama-sama membentuk sebuah kerucut diantara otot kaki dan cangkang. Warna gonad mengindikasikan jenis kelamin abalon, induk betina dewasa mempunyai telur berwarna biru, hijau atau coklat dan induk jantan mempunyai gonad berwarna krem, gading, atau putih tulang. Pemijahan merupakan proses pelepasan telur dan sperma. Fertilisasi terjadi secara eksternal, dimana telur dan sperma bertemu dan melebur di kolom air, dan

telur yang telah terbuahi akan membelah dengan cepat serta membentuk larva/trochopore dan selanjutnya berubah menjadi fase veliger yang memperlihatkan bentuk menyerupai individu dewasa, dimana mata, tentakel dan kaki mulai berkembang. Sebelum fase veliger selesai, larva abalone akan mengalami sebuah proses yang disebut pemilinan (torsion). Fase larva selesai ketika abalone berhenti melayang dan mengendap di dasar. Pada keadaan ini, abalon mulai terlihat seperti replica individu dewasa (Fallu, 1991).

Pertumbuhan merupakan pertambahan ukuran panjang maupun berat suatu individu dalam rentang waktu tertentu (Effendi, 1979). Pertumbuhan abalon tropis, seperti *Haliotis asinina*, membutuhkan waktu satu tahun untuk mencapai ukuran siap jual (panjang cangkang /shell length/SL 50-60 mm) dari fase embrio. *Haliotis asinina* yang sudah dewasa dan matang gonad, memiliki panjang cangkang 35-40 mm dengan usia kurang dari satu tahun (Setyono, 2009).

Pertumbuhan Abalon sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kualitas pakan, padat penebaran, dan kualitas air pada saat pembudidayaan. Berikut akan dijelaskan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan Abalon :

1. Kualitas pakan. Pakan yang biasa digunakan dalam budidaya abalon di Indonesia adalah rumput laut jenis *Gracilaria*. Abalon memakan algae sebanyak 10-30% dari berat tubuhnya perhari (Hahn, 1989) dalam Setyono (2009).
2. Kualitas air. Penurunan kualitas air yang diakibatkan oleh peningkatan sisa metabolisme, penurunan oksigen terlarut (DO), dan pertumbuhan bakteri, dapat menghambat pertumbuhan juvenil abalon. (Setyono, 2005).
3. Suhu. Abalon memiliki kisaran suhu tertentu untuk dapat tumbuh dan beraktivitas. Suhu optimal untuk pertumbuhan abalon berkisar antara 24-34°C. Penurunan ataupun peningkatan suhu yang tajam menyebabkan abalon menjadi stres (Susanto, dkk., 2010).
4. Salinitas. Kisaran salinitas untuk abalon dapat tetap hidup dan tumbuh optimal yaitu 22,5-32.5 ‰. Salinitas dibawah 22.5 ‰ dapat mengakibatkan penurunan pada laju pertumbuhan. Salinitas diatas 35 ‰ mengakibatkan pertumbuhan abalon menjadi tidak optimal, meskipun abalon dapat

menoleransi salinitas sampai dengan 37 ‰. Penurunan atau peningkatan salinitas yang tajam dapat mengakibatkan abalon menjadi stres (Susanto, dkk., 2010).

5. Kadar oksigen. Kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) perairan yang dibutuhkan abalon diperkirakan sebesar 6,25-8,90 ppm. Konsentrasi oksigen terlarut sebesar 4,6-5,7 ppm masih dalam ambang toleransi juvenil abalon. Konsentrasi oksigen terlarut untuk mendukung kehidupan abalon sebaiknya tidak kurang dari 4 ppm (Setyono, 2010).
6. Tingkat keasaman (pH). Abalon dapat hidup optimum dalam kisaran pH dan kadar amonia tertentu. Kisaran pH air laut optimum untuk kelangsungan hidup abalon sebesar 7.83-7.85. Kadar amonia untuk pertumbuhan abalon yaitu kurang dari 0.5 ppm. Kadar amonia di atas 0.5 ppm tidak dapat ditoleransi oleh juvenil abalon (Burke, dkk. 2001).
7. Padat Penebaran. Penggunaan padat penebaran yang tinggi dapat meningkatkan keuntungan yang lebih besar dalam usaha budidaya akuakultur, termasuk budidaya abalon. Padat penebaran yang tinggi akan menghasilkan banyak abalon dalam waktu yang singkat (Lloyd dan Bates 2008). Padat penebaran yang tinggi memiliki dampak yang langsung dan tidak langsung terhadap pertumbuhan juvenil abalon. Dampak langsung pengaruh padat penebaran terhadap pertumbuhan yaitu kompetisi intraspesifik untuk memperebutkan pakan dan ruang. Abalon butuh ruang gerak yang cukup untuk mengambil makanan. Keterbatasan ruang gerak dalam mengambil makanan juga menimbulkan kesulitan dalam memakan, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan abalon (Huchette, dkk., 2003; Lloyd dan Bates, 2008). Dampak tidak langsung terhadap pertumbuhan yaitu melalui degradasi kualitas air yang diakibatkan oleh peningkatan akumulasi sisa metabolisme, proliferasi bakteri patogen, dan penurunan DO. Sisa metabolisme, seperti feses, mengandung amonia ataupun senyawa nitrogen. Senyawa tersebut bersifat racun serta penyebab stres bagi abalon budidaya, sehingga dapat memengaruhi pertumbuhan abalon (Huchette, dkk. 2003; Lloyd dan Bates 2008).

BAB 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di lahan budidaya abalon di Pulau Lombok yang berpusat di Balai Budidaya Laut Pantai Kuta, Lombok Tengah dan Balai Budidaya Laut Pantai Sekotong, Lombok Barat. Rancangan penelitian untuk tahun pertama dimulai dengan menganalisis populasi abalon berdasarkan kelompok umur dan data jumlah populasi betina ke lokasi budidaya abalon secara kontinu. Data yang diperoleh kemudian diolah sehingga didapatkan angka daya tahan hidup (*survival rate*) tiap kelompok usia abalon menuju tahap usia selanjutnya serta Angka kelahiran (*age birth*) untuk tiap kelompok usia abalon hasil pemetaan lokasi budidaya abalon di Pulau Lombok. Pengkonstruksian matriks Leslie didasarkan pada angka daya tahan hidup dan angka kelahiran yang telah didapatkan. Dengan analisis software Matlab diperoleh nilai eigen dari matriks Leslie tersebut dan diketahui akar Perronnya. Sehingga model Leslie dari pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok dapat diketahui.

Rancangan penelitian untuk tahun kedua dimulai dengan Menganalisis kebijaksanaan pemanenan abalon secara periodik yang dapat dibenarkan. Dilanjutkan dengan menentukan distribusi umur pada awal periode pertumbuhan dan pada akhir periode pertumbuhan. Selanjutnya mengkonstruksi matriks pemanenan abalon di Pulau Lombok. Hasil dari matriks pemanenan tersebut dimodifikasi dengan matriks Leslie yang kemudian ditentukan nilai eigennya berdasarkan analisis software Matlab. Pada akhirnya, hasil nilai eigen ini dapat menentukan banyaknya bagian betina dari tipe kelompok umur yang dipanen di bawah kebijaksanaan panen yang dapat dibenarkan. Tahap akhir adalah menyimpulkan kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda.

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode induktif, yaitu dengan mengumpulkan data-data dan referensi-referensi untuk melakukan analisis sehingga diperoleh bentuk umum secara matematis dan dapat ditarik suatu kesimpulan. Hasil penelitian yang diharapkan adalah suatu hasil studi tentang model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok sehingga didapatkan

kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda.

Gambar 4. Metode dan prosedur penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh untuk tahun pertama adalah suatu hasil studi tentang model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok, serta kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda untuk hasil tahun kedua tahun kedua. Sedangkan luaran untuk tahun pertama dan kedua yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah publikasi ilmiah pada pertemuan internasional . Luaran ini didukung oleh kegiatan ilmiah tim pengusul yang telah mengikuti Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah Nasional oleh Dikti pada tahun 2012 dan Workshop Penulisan Artikel Internasional pada tahun 2014.

Adapun target atau indikator keberhasilan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah

Bulan ke-4 : - hasil pemetaan lokasi budidaya abalon di Pulau Lombok.

- mengetahui umur maksimum abalon betina dan membagi populasi abalon berdasarkan kelompok umur.
- mengetahui data jumlah populasi betina ke lokasi budidaya abalon secara kontinu.

Bulan ke-6 : - mengetahui angka daya tahan hidup (*survival rate*) tiap kelompok usia abalon menuju tahap usia selanjutnya serta Angka kelahiran (*age birth*) untuk tiap kelompok usia abalon hasil pemetaan lokasi budidaya abalon di Pulau Lombok.

- mengetahui matriks Leslie dari pertumbuhan populasi abalon

Bulan ke-9 : - mengetahui nilai eigen dari matriks Leslie pertumbuhan populasi abalon dengan software Matlab.

- mengetahui akar Perron dari Matriks Leslie.
- mengetahui model Leslie sebagai model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok berdasarkan akar Perron yang diperoleh.

Bulan ke-12 : - mengetahui model pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok.

- Artikel ilmiah untuk seminar internasional.
- Laporan akhir tentang model pertumbuhan abalon di Pulau Lombok.

- Bulan ke-15 : - Mengetahui kebijaksanaan pemanenan abalon secara periodik yang dapat dibenarkan
- Mengetahui distribusi umur pada awal periode pertumbuhan
- Bulan ke-18 : - Mengetahui distribusi umur pada akhir periode pertumbuhan
- Mengetahui matriks pemanenan abalon
- Bulan ke-21 : - Mengetahui hasil modifikasi matriks Leslie dari pertumbuhan populasi abalone pada hasil penelitian tahun pertama dengan matriks pemanenan yang diperoleh
- Mengetahui nilai eigen dari hasil modifikasi matriks Leslie dan matriks pemanenan yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya
 - Mengetahui banyaknya bagian betina dari tipe kelompok umur yang dipanen di bawah kebijaksanaan panen yang dapat dibenarkan
- Bulan Ke-24 : - Menyimpulkan kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda
- Artikel ilmiah untuk seminar internasional.
 - Laporan akhir tentang kondisi optimum dari kombinasi pemanenan abalon yang diterapkan pada golongan umur yang berbeda-beda.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Studi kasus berdasarkan data penelitian pertumbuhan benih abalon oleh Setyabudi dan Yana (2014) pada Laporan Kegiatan Perekayasaan Teknologi Budidaya Laut Balai Perikanan dan Budidaya Laut Lombok 2014 dengan judul “Prospek Produksi Benih Hibrid “*Ninamata*”, suatu hasil rekayasa perkawinan abalon *Haliotis asinina* dan *Haliotis squamata*” yang dilakukan di Balai Budidaya Laut (BBL) Lombok Desa Gili Genting, Kecamatan Sekotong Barat, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) selama 8 (dua) bulan. Pada data penelitian tersebut, diperoleh data pertumbuhan panjang dan berat tiga jenis abalon yaitu abalon hibrid, *Haliotis asinina* dan *Haliotis squamata* namun yang digunakan pada tugas akhir ini hanyalah data pertumbuhan *Haliotis asinina*. Wadah pemeliharaan abalon terbuat dari bak beton volume 10 ton. Benih abalon yang dipelihara dengan kepadatan masing-masing 500 ekor/keranjang. Berikut adalah data pertumbuhan panjang cangkang (cm) dan berat (gram) benih abalon tersebut :

Tabel 4.1. Hasil Model Pertumbuhan Abalon *Haliotis asinina*

Umur (Bulan)	Model Populasi (ekor)	Model Berat (gram)	Model Panjang (cm)	Biomassa (gram)
1	391,9630	0,02792	0,532205	10,9418
2	373,4659	0,19992	1,025848	74,6632
3	362,7235	0,62281	1,498242	225,9062
4	355,1001	1,37376	1,950301	487,8229
5	349,1607	2,50567	2,382901	874,8823
6	344,2735	4,05161	2,796879	1394,8610
7	340,1049	6,02862	3,193037	2050,3640
8	336,4574	8,44097	3,572142	2840,0270
9	333,2046	11,28279	3,934928	3759,4780
10	330,2607	14,54038	4,282097	4802,1160
11	327,5649	18,19408	4,614323	5959,7430
12	325,0728	22,21982	4,932247	7223,0600
13	322,7505	26,59047	5,236486	8582,0860
14	320,5719	31,27683	5,527628	10026,4700

15	318,5166	36,24856	5,806238	11545,7700
16	316,5679	41,47486	6,072855	13129,6100
17	314,7124	46,92504	6,327995	14767,8900
18	312,9389	52,56893	6,572152	16450,8700
19	311,2383	58,37727	6,8058	18169,2400
20	309,6027	64,32193	7,02939	19914,2500
21	308,0255	70,37615	7,243355	21677,6500
22	306,5009	76,51461	7,448109	23451,8000
23	305,0240	82,71359	7,64405	25229,6300
24	303,5906	88,95094	7,831557	27004,6700

(Setyabudi dan Yana, 2014)

Selanjutnya berdasarkan pengambilan data primer ke Balai Perikanan Budidaya Laut Lombok di Sekotong, Lombok Barat, diperoleh data banyaknya abalon berdasarkan panjang cangkangnya, seperti yang tersaji pada Tabel 4.2. berikut

Tabel 4.2 Jumlah populasi abalon di Balai Budidaya Laut sekotong tahun 2015

Umur Pemeliharaan (Bulan)	Panjang (cm)	Jumlah
0-6	0,5 - 1	1200
3-6	1 – 2 cm	510
6-9	2 cm	373
9-12	3 cm	133
12-18	4-5 cm	924
18-24	6-7 cm	864

Berdasarkan Tabel 4.2., maka populasi abalone dibagi menjadi 4 kelompok umur, yaitu

Tabel 4.3. Data Banyaknya Abalon Berdasarkan Kelompok Umur Tahun 2015

	Kelompok I (0-6) bulan	Kelompok II (6-12) bulan	Kelompok III (12-18) bulan	Kelompok IV (18-24) bulan
Banyaknya abalon	1200	1016	924	720

4.1.1. Daya Tahan Hidup (Survival Rate)

Berdasarkan jumlah populasi abalon yang terdiri dari 4 kelompok usia yaitu kelompok I : [0 – 6) bulan, kelompok II : [6-12) bulan, kelompok III : [12 – 18) bulan, kelompok IV : [18-24) bulan, sehingga terdapat 3 angka daya tahan hidup yaitu daya tahan hidup menuju kelompok usia II (SR II), daya tahan hidup menuju kelompok usia III (SR III), dan daya tahan hidup menuju kelompok usia IV (SR IV). Daya tahan hidup

diperoleh dari perbandingan jumlah abalon pada kelompok n pada tahun ke t dengan jumlah abalon kelompok $n - 1$ pada tahun ke $t - 1$ dengan rumusan sebagai berikut:

$$SR\ II = \frac{\sum_1^n \left(\frac{B_{II}^t}{B_{II}^{t-1}} \right)}{n}$$

$$SR\ III = \frac{\sum_1^n \left(\frac{B_{III}^t}{B_{III}^{t-1}} \right)}{n}$$

$$SR\ IV = \frac{\sum_1^n \left(\frac{B_{IV}^t}{B_{IV}^{t-1}} \right)}{n}$$

dimana,

B_I^t = jumlah populasi abalon usia kelompok I pada tahun t

B_I^{t-1} = jumlah populasi abalon usia kelompok I pada tahun $t - 1$

B_{II}^t = jumlah populasi abalon usia kelompok II pada tahun t

B_{II}^{t-1} = jumlah populasi abalon usia kelompok II pada tahun $t - 1$

B_{III}^t = jumlah populasi abalon usia kelompok III pada tahun t

B_{III}^{t-1} = jumlah populasi abalon usia kelompok III pada tahun $t - 1$

B_{IV}^t = jumlah populasi abalon usia kelompok IV pada tahun t

B_{IV}^{t-1} = jumlah populasi abalon usia kelompok IV pada tahun $t - 1$

[Yokoyama, 1997]

Berdasarkan rumusan di atas, didapatkan daya tahan hidup tiap kelompok usia sebagai berikut

Tabel 2. Angka Daya Tahan Hidup Abalon di Pulau Lombok

	Nilai Survival Rate
SR II	0,84666667
SR III	0,90944882
SR IV	0,77922078

4.1.2. Angka Kelahiran (*Age Birth*)

Angka kelahiran diperoleh dari perbandingan jumlah populasi abalon kelompok usia I pada tahun ke t dengan jumlah populasi abalon kelompok usia IV pada tahun $t-1$ secara matematika dirumuskan sebagai berikut:

$$AB = \frac{\frac{\sum B_i^{t-1}}{B_1^t}}{n}$$

$\sum B_i^t$ = Jumlah Dewasa yang produktif

B_1^{t-1} = Jumlah Kelas Usia termuda di tahun berikutnya

[2]

Sehingga didapatkan angka kelahiran abalon dari induk kelompok usia IV di Pulau Lombok adalah 1,66666667.

4.1.3. Matriks Leslie dan Akar Perron

Dari hasil angka kelahiran dan angka daya tahan hidup dapat dimodelkan suatu Matriks Leslie sebagai berikut

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1,66666667 \\ 0,84666667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,90944882 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,77922078 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan software matlab diperoleh nilai-nilai eigennya adalah $\lambda_1 = -0,992i$, $\lambda_2 = 0,992$, $\lambda_3 = 0 - 992i$, $\lambda_4 = 0 + 992i$. Sehingga akar perronnya adalah $\lambda_p = 0,992$. Lebih lanjut, model Leslie dari pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

$$X^k = L X^{(k-1)}, k = 1, 2, 3, \dots$$

$$X^k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1,66666667 \\ 0,84666667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,90944882 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,77922078 & 0 \end{bmatrix} X^{(k-1)}$$

Selanjutnya sesuai dengan teorema dalam Prayanti (2010), Model Leslie tersebut dapat diwakili oleh akar Perron, yaitu jika λ_1 adalah akar Perron dari Matriks Leslie (L) maka $X^k = L X^{(k-1)}$ dapat diwakili oleh $X^k = \lambda_1 X^{(k-1)}$. Sehingga berdasarkan fakta

tersebut. matriks Leslie (L) di atas dapat diwakili dengan suatu konstanta yaitu akar Perron dari matriks tersebut, sehingga modelnya menjadi

$$X^k = \lambda_p X^{(k-1)}$$
$$\Leftrightarrow X^k = 0,992 X^{(k-1)}$$

Akar Perron kurang dari 1, ini berarti bahwa pertumbuhan populasi abalon akan terus menurun dengan akar Perron sebesar 0,992, artinya pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok akan menurun tiap tahunnya sebesar 0,8%.

BAB V

KESIMPULAN

Matriks Leslie dari pertumbuhan populasi Abalon di Pulau Lombok adalah sebagai berikut

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1,66666667 \\ 0,84666667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,90944882 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,77922078 & 0 \end{bmatrix}.$$

Akar perron dari matriks Leslie tersebut adalah $\lambda_p = 0,992$. Model Leslie pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok adalah

$$X^k = 0,992 X^{(k-1)}$$

Akar Perron kurang dari 1, ini berarti bahwa pertumbuhan populasi abalon akan terus menurun dengan akar Perron sebesar 0,992, artinya pertumbuhan populasi abalon di Pulau Lombok akan menurun tiap tahunnya sebesar 0,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- ACIAR (*Australian Centre for International Agricultural Research*). 2007. *Abalon industry enhancement in eastern Indonesia*. Australia
- Catton, C.A. & Rogers-Bennet, L. 2013. Assessing the Recovery of Pink Abalone (*Haliotis corrugata*) by Incorporating Aggregation into a Matrix Model. *Journal of Shellfish Research* 32(1):181-187. 2013.
- Cook, P.A. & Gordon H.R. 2010. *World abalone supply, market and pricing*. *Journal of Shellfish Research* November 2010 : Vol. 29, Issue 3 (Nov 2010), pg(s) 569-571
- Faturrahman, Immy S.R., Sukiman, dan Ahyadi, H. *Strategi Optimalisasi Metode Budidaya Abalon Sebagai Komoditas Unggulan Perikanan Laut*. Prosiding Seminar Nasional :Penelitian, Pembelajaran Sains dan Implementasi Kurikulum 2013, Mataram 7 Desember 2013.
- Faturrahman. *Status terkini abalone di Indonesia*. Poster, disampaikan pada Seminar Nasional Peringatan Hari Nusantara. Mataram, Desember 2012.
- Fermin, A. C., dan Buen, S. M., 2000, Feeding, growth and survival of abalone (*Haliotis asinina* Linnaeus 1758) reared at different stocking densities in suspended mesh cages in flow-through tanks. *The Philippine Scientist*, 37: 31-41.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Budidaya Laut Lombok. 2012. *Laporan tahunan 2011*. Balai Budidaya Laut Lombok : Desa Sekotong Barat, NTB
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Budidaya Laut Lombok. 2013. *Laporan tahunan 2012*. Balai Budidaya Laut Lombok : Desa Sekotong Barat, NTB.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Budidaya Laut Lombok. 2014. *Laporan tahunan 2013*. Balai Budidaya Laut Lombok : Desa Sekotong Barat, NTB.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Budidaya Laut Lombok. 2015. *Laporan tahunan 2014*. Balai Budidaya Laut Lombok : Desa Sekotong Barat, NTB.
- Minh, dkk.,2010, *Growth and Survival of Abalone, Haliotis asinina Linnaeus 1758, Reared in Suspended Plastic Cages*, Kasetsart J. (Nat. Sci.). 44 : 621 – 630.
- Prayanti, B.D.A., Romdhini, M.U., dan Wardhana, I.G.A.W. 2010. *Economic Policy Analysis of earth a million cows Using Leslie Matrix*. Article is

presented at International seminar on Economic, Culture and Environment,
The University of Mataram, Indonesia 11-13 November 2010.

- Rogers-Bennett, L. & R. T. Leaf. 2006. *Elasticity analyses of size-based red and white abalone matrix models: management and conservation*. Ecol. Appl. 16:213–224.
- Romdhini, M.U., Susanto, M., dan Wardhana, I.G.A.W. 2013. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pembelajaran Sains dan Implementasi Kurikulum Program Pascasarjana Magister Pendidikan IPA, Universitas Mataram 7 Desember 2013
- Sarkono, Faturrahman, & Sofyan, Y. 2010. *Isolation and identification of lactic acid bacteria from abalone (Haliotis asinina) as a potential candidate of probiotic*. Journal Nusantara Bioscience Vol. 2, No. 1, Pp. 38-42 March 2010.
- Setyabudi dan Yana, 2014, Prospek Produksi Benih Hibrid “Ninamata”, suatu hasil rekayasa perkawinan abalon Haliotis asinina dan Haliotis squamata, *Laporan Kegiatan Perekayasa Teknologi Budidaya Laut Balai Perikanan dan Budidaya Laut Lombok 2014*, Balai Budidaya Laut (BBL) Lombok, Nusa Tenggara Barat (NTB)
- Setyono, D.E.D. 2008. Pertumbuhan dan Mortalitas Juvenil Abalon (Haliotis asinina) di Laboratorium. *Jurnal Oseanologi* 1(1):35-42.
- Setyono, D.E.D. 2009. *Abalon: Teknologi Pembenihan*. LIPI : Pemenang, Lombok Utara.
- Setyono, D.E.D. 2009. *Abalon: Biologi dan Reproduksi*. LIPI : Pemenang, Lombok Utara.
- Simanihiruk, M. 2005. *Karakteristik Matriks Leslie Ordo Tiga*. Jurnal Gradien Vol.2 NO.1 Januari 2006. hlm. 134-138.
- Yokoyama, K. 1997. *Population Modeling Using The Leslie Matrix*. Prentice Hall, Inc: New Jersey.