

## **BAB II.**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Bioekologi Siput Lola (*Trochus niloticus*, Linn)**

##### **2.1.1. Klasifikasi dan Taksonomi**

Siput Lola (*Trochus niloticus*, Linn.) pertama kali di diskripsikan oleh Linnaeus pada tahun 1767. Hasil diskripsi tersebut bahwa siput lola merupakan siput yang berukuran besar, cangkangnya berbentuk kerucut dengan 10 sampai 12 buah ulir (*suture*). Perputaran seluk (*Whorl*) berbentuk spiral yang jelas dan beberapa seluk permulaan memiliki tonjolan-tonjolan kecil, seluk akhir (*body whorl*) berbentuk lingkaran yang cembung dan membesar. Cangkang berwarna dasar krem keputihan dengan corak bergaris merah lembayung, sementara dasar cangkang berbintik merah muda. Berdasarkan diskripsi *Trochus niloticus* tersebut, maka klasifikasi menurut Springsteen and Leobrera (1986) sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Fillum: Mollusca

Klas : Gastropoda

Subklas : Prosobranchia

Order : Archeogastropoda

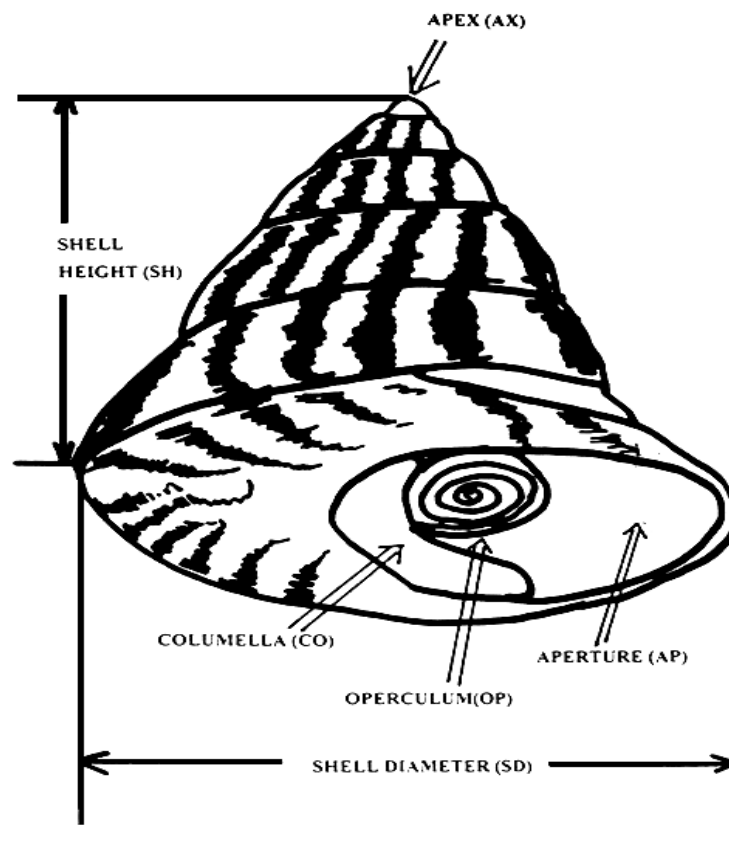
Famili : Trochidae

Genus : *Trochus*

Spesies : *Trochus niloticus* Linnaeus, 1767.

Dikatakan bahwa di pasar internasional siput lola (*T. niloticus*) dikenal dengan nama *Troca* atau *Trochus*. Di Indonesia jenis ini dikenal dengan sebutan

siput susu bundar atau lola (*Leimena et al*, 2007). Dalam taksonomi, hewan lola dikelompokkan pada ordo Archeogastropoda, ordo yang paling primitif dari subklas Prosobranchia, Gastropoda (Pradina, 1997). Selanjutnya dikemukakan bahwa lola merupakan gastropoda yang primitif, mempunyai dua insang, dua auricula dan dua nephridia. Gonad terbuka ke sebelah luar melalui sebelah kanan *nephridia*. *Visceral* mengikuti pembelitan, dalam perkembangannya mengalami modifikasi dari bentuk bilateral simetris menjadi bentuk yang mengalami rotasi. Lola mempunyai cangkang sebagai tempat berteduh dan menghindar dari kekeringan (Gambar 2). Hewan ini mempunyai penutup cangkang yang disebut *operculum* atau epiphragma (Jasin, 1987 dalam Hatta, 1992).



Gambar 2. Morfologi siput lola (*Trochus niloticus* Linn). (Sumber: <http://www.fao.org/docrep/field/>:diakses 2010).

Struktur anatomi dan fungsi faal tubuh umumnya disusun oleh jaringan-jaringan dasar berupa epitel, jaringan pengikat dan serabut-serabut, sedangkan jaringan tulang dan jaringan syaraf terbentuk pada organisme yang telah memiliki skeleton sistem syaraf (Pradina dan Arifin., 1993). Di alam jumlah individu betina lola kurang lebih sama dengan yang jantan. Secara morfologi, kedua sex ini tidak dilengkapi dengan tanda seksual sekunder seperti, warna, bentuk dan ukuran cangkang yang dapat dipakai untuk menentukan jenis kelamin (Gail, 1958 dalam Pradina, 1997 dan Paongan , 2000).

### **2.1.2. Proses Terbentuknya Cangkang**

Bagian siput lola yang bernilai ekonomis adalah cangkangnya yang terdiri dari lapisan mutiara (*mother of pearl*). Menurut Dharma (1992), tubuh siput lola terdiri dari empat bagian utama yaitu kepala, kaki, isi perut dan *mantle*. Pada kepala terdapat 2 mata, 2 *tentacle*, sebuah mulut (*proboscis*) dan sebuah *siphon*. *Mantle* siput Gastropoda terletak di sebelah depan pada bagian dalam cangkangnya. Makanannya yang banyak mengandung *calcium carbonate* dan pigmen masuk ke dalam plasma darah dan diedarkan ke seluruh tubuh, kemudian *calcium carbonate* serta pigmen ini diserap oleh *mantle*. *Mantle* ini kemudian mengeluarkan sel-sel yang dapat membentuk struktur cangkang serta corak warnanya.

Tergantung dari pada faktor keturunan, struktur cangkang dapat dibuat tonjolan-tonjolan atau duri-durinya. Jadi *mantle* inilah yang merupakan arsitek dalam pembentukan struktur serta corak warna dari pada cangkang. Lapisan struktur cangkang ini dinamakan lapisan *prismatic*. Sel-sel lainnya dari *mantle*

mengolah rangkaian materi organik dari protein yang disebut *conchiolin* dan bila direkatkan dengan kristal *calcium* di sebelah dalam cangkang, lapisan sebelah dalam ini akan menjadi mengkilap seperti perak dan dinamakan lapisan *nacreous* atau lapisan mutiara.

Celah-celah kecil dalam *mantle* dari beberapa jenis siput, menghasilkan benda lain yang diletakkan di bagian luar cangkang yang disebut *periostracum*. *Periostracum* merupakan kulit luar yang berfungsi melindungi cangkang terhadap kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh senyawa asam carbonate. Siput-siput yang permukaan luar cangkangnya mengkilat seperti *Cypraea*, *Oliva* dan lain-lain, dikarenakan *mantlenya* keluar ke atas permukaan cangkang dan menyelimutinya. Siput mampu untuk memperbaiki kerusakan-kerusakan yang timbul pada cangkangnya. *Mantlenya* segera akan mengeluarkan sel-sel untuk memperbaikinya (Dharma, 1992).

Sebagian besar struktur cangkang terbuat dari *calcium carbonate* yaitu kira-kira 89 – 99% dan sisanya terdiri dari phosphate, bahan organik *conchiolin* dan air. Lapisan *nacreous* yang mengkilap mengandung jauh lebih banyak *conchiolin* dibandingkan lapisan *prismatic*. Kandungan mutiara terdiri dari 91% *calcium carbonate*, 6 % *conchiolin* dan 3 % air (Dharma, 1992).

### **2.1.3. Siklus Hidup dan Reproduksi**

Perkembangbiakan lola dilakukan di luar tubuh pada saat-saat tertentu mengikuti siklus bulan. Setelah sel-sel kelamin betina dibuahi oleh jantan maka perkembangan embrional akan dimulai dengan beberapa fase pembelahan dan

masa larva planktonik yang relatif pendek. Larva lola bersifat *lecithotrophic* (memiliki makanan cadangan) dan berkembang relatif cepat (Pradina, 1997).

Siput lola merupakan hewan *diesius* (kelamin terpisah), dan masing-masing individu memiliki kelamin tunggal. Berdasarkan morfologinya sulit diketahui perbedaan jenis kelaminnya, karena tidak adanya ciri-ciri kelamin sekunder yang membedakannya. Metode klasik yang diperkenalkan oleh Amirthalingan pada tahun 1932, masih sering dipergunakan sampai saat ini yaitu melihat kelamin siput lola dengan cara memotong bagian apeks secara longitudinal. Dari situ dapat dilihat adanya perbedaan warna dari gonad jantan dan betina. Gonad jantan berwarna krem keputihan, sedangkan gonad betina berwarna hijau tua. Jenis kelamin pada siput lola dengan diameter cangkang kurang dari 3 cm belum dapat ditentukan karena warna gonad belum dapat dibedakan (Pradina dan Arifin, 1993).

Menurut Pradina dan Dwiono (1994), proses perkembangan gonad lola di golongan menjadi empat tahapan perkembangan yaitu;

1. Proliferasi: gonad hanya memiliki ovum dalam jumlah sedikit, dari tingkat kepadatan rendah hingga tinggi;
2. Perkembangan awal: diameter ovum meningkat dan beberapa oosit sudah diselimuti dengan lapisan jeli (selaput yang berlubang) disekelilingnya. Lapisan jeli tersebut dapat dijadikan indikator kematangan ovum. Tahap ini didominasi oleh ovum muda dan berdiameter kecil;

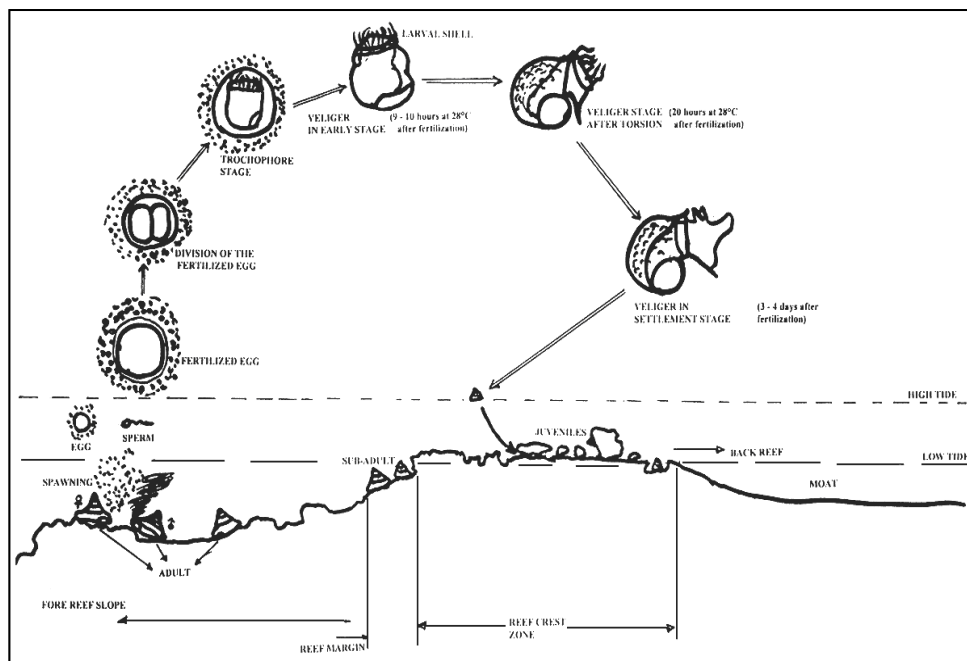
3. Perkembangan lanjut: pada tahap ini ditandai dengan semakin banyaknya ovum yang diselimuti oleh lapisan jeli pada bagian luarnya; dan
4. Matang gonad: ovum matang mendominasi ovarium, pada tahap ini kadang-kadang dijumpai ovum yang berdiameter kecil.

Proses reproduksi pada siput lola, diawali dengan fertilisasi eksternal yang terjadi dalam kolom air. Selanjutnya telur yang telah dibuahi akan melekat pada "*red coralline algae*" pada dasar substrat perairan. Larva yang terbentuk berupa *larva trokofor* yang bersifat planktonik yang berenang bebas menggunakan *velum* yang bersilia (Gambar 3). Setelah itu *larva trokofor* akan berkembang menjadi "*veliger lecithotrophic*", setelah beberapa hari akan mengendap mencari substrat yang sesuai (Nash, 1985).

Di Maluku, musim pemijahan lola terjadi pada bulan Maret sampai Juni, yaitu pada musim pancaroba (peralihan) dari musim barat ke musim timur (Pradina, *et al*, 1996). Lola di desa Noloth, pulau Saparua mencapai kematangan gonad pertama pada ukuran 53,95 mm dan 59,40 mm (Arifin dan Pradina, 1993). Gimin (1997b) mengemukakan bahwa tidak terdapat perbedaan ukuran kematangan gonad pertama untuk jantan dan betina. Namun demikian dari hasil penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa lola jantan umumnya lebih dahulu memijah kemudian disusul lola betina.

Pembuahan pada lola secara eksternal, pada umumnya induk jantan memijah terlebih dahulu kemudian disusul oleh induk betina dengan selang waktu antara 5 menit sampai 2 jam kemudian telur-telur dibuahi. Telur pada saat pertama

kali dipijahkan terdiri dari inti sel dan dilapisi dengan semacam lapisan transparan (*chorion*). Pada saat telur berumur 0 jam, diameter telur adalah 388,31  $\mu\text{m}$ .



Gambar 3. Siklus hidup *Trochus niloticus* (Kikutani, 1992 dalam <http://www.fao.org/docrep/field/>:diakses Juni, 2010)

Pembelahan sel pertama terjadi 30 menit setelah dibuahi dengan membelah 2, 4 atau 8 sel dengan diameter telur adalah 573, 97  $\mu\text{m}$ . Setelah telur-telur berumur 1,5 – 2 jam, sel-sel kemudian membelah lagi menjadi banyak sel dan berukuran diameter antara 527,75 - 600,87  $\mu\text{m}$ . Pada umur 2 jam ini terlihat bahwa pertumbuhan atau pembelahan sel telur tidak seragam, hal ini menandakan bahwa perkembangan sel telur sejak awal tidak sama, artinya bahwa ada yang berkembang secara cepat dan ada yang berkembang relatif lambat (Dwiono dan Makatipu, 1997).

Pada saat telur-telur berumur antara 3 – 7 jam, proses pertumbuhan terus berlangsung dan sel-sel terus membelah menjadi banyak sel sampai mencapai fase

larva *trochophore*. Tingkat larva *trochophore* berlangsung selama beberapa jam, pada saat organ renang yang baru berkembang dan kemudian berubah ke fase veliger. Larva-larva ini berukuran antara 625,70–652,10  $\mu\text{m}$ . Pada saat larva-larva berumur antara 1–2 hari sudah mulai tampak organ baru (*piod*, kaki) sudah mulai tumbuh dan menggerak-gerakkan kakinya di dasar bak pemeliharaan. Dari organ yang ada tampak bahwa sudah ada perkembangan menuju ke fase veliger dengan melakukan aktivitas yang berganti-ganti antara berenang dan merayap. Pada saat ini larva lola masih tetap menggunakan cadangan makanannya sebagai sumber utama tenaga (Dwiono, dan Makatipu, 1997). Ukuran pada saat umur 1 hari adalah 652,70  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada saat berumur 2 hari ukurannya adalah 281,21  $\mu\text{m}$ .

Metamorfosa adalah suatu masa di dalam kehidupan invertebrata pada umumnya dan moluska pada khususnya, dimana larva mengalami perubahan besar dan penting dalam periode yang sangat singkat baik ditinjau dari aspek morfologi, anatomi maupun fisiologi, sehingga dikategorikan sebagai salah satu fase kritis dalam kehidupan larva (Dwiono dan Makatipu, 1997). Selanjutnya dikatakan bahwa pada beberapa jenis moluska, perubahan besar ini akan mengantar larva dari kehidupan melayang ke kehidupan menempel atau merayap di dasar substrat. Khusus untuk lola yang memiliki cadangan makanan (*lecitotropic*), maka fase ini akan menjadi fase dimulainya pencarian makanan dari luar sebagai sumber energi.

Pengelolaan yang kurang matang atau kurang baik akan berakibat pada kematian masal larva, baik karena ketidaksesuaian habitat maupun persediaan makanan yang kurang sesuai. Adanya mikroalga yang hidup pada substrat keras



juga akan memicu larva untuk mulai menjalani proses metamorfosa. Pada saat larva berumur 3–4 hari, maka sudah mulai merayap di dasar bak. Ukuran larva tersebut adalah antara 192,39–321,53  $\mu\text{m}$ , sedangkan larva lola yang berumur antara 5–12 hari mempunyai diameter antara 279,65 - 455,23  $\mu\text{m}$  (Radjab, 2007).

#### **2.1.4. Pertumbuhan**

Pertumbuhan cangkang siput lola berlangsung secara terus-menerus sesuai dengan penambahan umur siput lola. Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan cangkang siput lola didapatkan bahwa pada tahap awal perkembangannya, laju pertumbuhan cangkang akan mengikuti pola eksponensial dan selanjutnya akan semakin melambat dengan bertambahnya umur siput. Pada individu dewasa, pertumbuhan yang semakin lambat akan diikuti dengan peningkatan berat dan tebal cangkang. Peningkatan berat cangkang ini disebabkan oleh adanya deposit kalsium karbonat yang terkonsentrasi di bagian atas dan di bagian ujung dalam cangkang. Dalam kondisi alami, pertumbuhan siput betina umumnya lebih cepat dari pada pertumbuhan siput jantan (Heslinga 1981a).

Umur maksimal yang dapat dicapai oleh siput lola belum dapat diketahui dengan pasti. Di kawasan Pasifik, cangkang lola terbesar yang pernah ditemukan memiliki diameter sebesar 16 cm. Di Maluku, cangkang lola terbesar yang pernah dilaporkan mencapai diameter 14,5 cm, yang ditemukan di pulau Tanimbar pada tahun 1994 (Pradina, 1997). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Suwartana *et al*, (1989) di desa Olilit Lama, Kecamatan Tanimbar Selatan, Kabupaten Maluku Tenggara Barat, didapatkan pertumbuhan siput lola di lokasi ini lebih cepat jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya di Palau

maupun di Guam. Di Palau ukuran minimum yang boleh ditangkap adalah 76 mm (3 inci) dengan umur sekitar 2 tahun (Heslinga *et al*, 1983). Di Guam ukuran tersebut dicapai setelah berumur hampir 4 tahun (Smith, 1979; Bour & Gohin, 1982 *dalam* Heslinga *et al*, 1983). Akan tetapi hasil penelitian Suwartana *et al*, (1985) di desa Olilit (Maluku Tenggara Barat), hanya membutuhkan waktu 1,5 tahun untuk mencapai ukuran 76 mm tersebut.

Perbedaan kecepatan pertumbuhan yang terjadi di atas, diduga disebabkan oleh perbedaan lintang. Perbedaan lintang menyebabkan terjadi perbedaan suhu dan intensitas cahaya matahari yang diterima terumbu karang yang selanjutnya mempengaruhi metabolisme, kelimpahan dan kualitas makanan siput lola (Heslinga *et al*, 1983). Informasi pertumbuhan dari siput lola di Pulau Banda, Saparua dan Kei Provinsi Maluku dengan menggunakan ukuran diameter cangkang, didapatkan ukuran diameter cangkang maksimum siput lola yang dapat dicapai adalah 12,3 cm, dengan nilai koefisien pertumbuhan  $K$  adalah sebesar 0,621 (Arifin, 1993).

#### **2.1.5. Potensi dan Produksi**

Potensi sumberdaya lola pada wilayah sasi desa Noloth pulau Saparua adalah sebesar 7.077,23 individu. Nilai biomassa lola di perairan ini juga memberikan gambaran potensi populasi lola dari segi jumlah beratnya yaitu sebesar 1,28 ton. Nilai potensi ini selanjutnya diestimasi nilai tangkapan maksimum lestari (MSY) individu lola pada perairan wilayah sasi desa Noloth saat ini yaitu sebesar 0,64 ton dengan jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTB) adalah 0,5 ton (Soparue, 2008).

Dari data produksi untuk periode panen di tahun 2007 sebesar 0,8 ton, menunjukkan bahwa telah dilakukan pengambilan lebih besar dari nilai MSY. Untuk kondisi saat ini perlu adanya langkah-langkah strategi yang baik sebagai upaya untuk menjaga kelestarian dan keberlanjutan hidup sumberdaya lola di desa Noloth. Nilai MSY dari populasi siput lola di pulau Saparua untuk siput yang memiliki ukuran diameter cangkang lebih dari 5 cm adalah sebesar 13.890 individu per hektar per tahun. Populasi sebesar ini dapat dicapai dalam waktu 2,25 tahun (Leimena *et al*, 2004).

Sementara itu hasil buka *sasi* siput lola di desa Noloth pulau Saparua dari tahun 1978-2007, menunjukkan kecenderungan penurunan produksi siput lola setiap tahunnya (Tabel 2). Tabel 2, dengan jelas menggambarkan masalah penurunan produksi yang sudah terjadi pada salah satu daerah penyebaran siput lola yaitu di perairan desa Noloth pulau Saparua. Hal ini kemungkinan terjadi baik karena masalah-masalah ekologi habitat atau karena kondisi sosial ekonomi budaya masyarakat yang mempengaruhi pola pikir, sikap dan tingkah laku masyarakat dalam memanfaatkan sumberdaya siput lola atau karena kurang efektifnya kearifan lokal yang selama ini dipakai, atau justru karena lembaga/institusi pengawas tidak bekerja optimal dalam mengawasi sumberdaya ini, sehingga dengan leluasa bisa dieksploitasi oleh siapa saja.

Untuk mendapatkan hasil panen maksimal maka pertimbangan waktu buka *sasi* memberi peluang regenerasi populasi siput lola tersebut, dengan demikian melalui sistem *sasi* yang diterapkan di pulau Saparua pola pengambilan siput lola harus dilakukan dalam periode tiga tahun. Konsep hasil produksi

maksimum ini berarti bahwa laju eksploitasi tidak melebihi kemampuan populasi tersebut untuk memulihkan dirinya sendiri (Leimena *et al*, 2005).

Tabel 2. Produksi siput lola di desa Noloth pulau Saparua dari tahun 1978-2007

| No. | Tahun          | Produksi (Ton) |
|-----|----------------|----------------|
| 1.  | 1978           | 5              |
| 2.  | 1980 (Januari) | 1,3            |
| 3.  | 1980 (Oktober) | 0,8            |
| 4.  | 1983           | 1,8            |
| 5.  | 1985           | 1,4            |
| 6.  | 1987           | 3,5            |
| 7.  | 1988           | 1,3            |
| 8.  | 1990           | 1,7            |
| 9.  | 1992           | 1,5            |
| 10. | 1994           | 1,9            |
| 11. | 1995           | 1,3            |
| 12. | 1997           | 1,8            |
| 13. | 1998           | 1,4            |
| 14. | 1999           | 1,5            |
| 15. | 2002           | 2,3            |
| 16. | 2006           | 1,5            |
| 17. | 2007           | 0,8            |

Sumber: KUD desa Nolloth, 2010

#### 2.1.6. Distribusi Ukuran

Penyebaran siput lola di perairan Maluku, dijumpai di Kepulauan Kei, Kepulauan Tanimbar, Pulau Saparua dan Seram Timur (Arifin dan Setyono, 1992). Selanjutnya Arifin (1993), menjelaskan bahwa penyebaran siput lola di perairan Maluku terkonsentrasi berturut-turut di Maluku Tenggara, Maluku Utara dan Maluku Tengah. Khususnya di Perairan Maluku Tengah siput lola tersebar di Pulau Saparua, Pulau Seram Bagian Timur, P. Pombo, P. Syahrir, P. Banda, P. Manipa, P. Buano dan P. Kelang.

Siput lola pada tahap veliger umumnya ditemukan pada daerah pasang surut, hidup menempel pada lembaran daun lamun atau pada tallus makroalga

serta pecahan karang mati, sedangkan lola dewasa dapat ditemukan di daerah terumbu karang pada kedalaman 0,5 meter hingga kedalaman sekitar 10 meter, tetapi di beberapa lokasi siput lola dapat ditemukan di kedalaman sekitar 24 meter (Arafin, 1993; Paongan, 1997; Lawrence, 1998; Paongan *et al*, 2001). Hasil penelitian itu juga mencatat bahwa distribusi lola berdasarkan kedalaman diikuti oleh bertambahnya ukuran diameter cangkang lola, semakin dalam perairan maka lola yang hidup memiliki diameter yang relatif lebih besar dibandingkan dengan di perairan dangkal. Paongan, *et al* (2001) menemukan lola dengan diameter rata-rata 40,2 mm pada kedalaman 0,1 – 3 meter, diameter rata-rata 81,3 mm pada kedalaman >3 – 5 meter, rata-rata diameter 100,4 mm pada kedalaman >5 - 8 meter serta diameter rata-rata 117,8 mm diperoleh pada kedalaman >8 – 11 meter.

Distribusi siput lola berdasarkan kedalaman perairan berhubungan dengan kemampuan cahaya matahari untuk sampai ke dasar perairan sebagai sumber energi bagi fotosintesis mikro algae yang menjadi makanan dari lola. Walaupun demikian siput lola dewasa juga dapat ditemukan di perairan yang dangkal. Selain itu, diketahui juga bahwa seiring dengan pertumbuhannya, siput lola akan bergerak ke bagian laut yang lebih dalam (Arifin, 1993; Castel, 1997). Daerah perairan yang sesuai untuk siput lola adalah perairan yang terkena hampasan ombak dan berhadapan langsung dengan laut bebas, karena memiliki derajat aerasi yang cukup tinggi. Yi dan Lee (1997), dalam penelitiannya menyatakan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang menunjang kehidupan siput, suhu 31 °C merupakan suhu optimum yang disenanginya. Menurut Heslinga (1981a), perbedaan suhu juga berpengaruh terhadap pertumbuhan siput lola terutama dalam kaitannya dengan kelimpahan dan kualitas makanan alaminya.

Kisaran suhu ideal untuk kehidupan siput lola berkisar antara 28 – 34 °C. Siput lola sebagai hewan yang hidup di air laut memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas dengan kisaran 31 – 37 ‰ dan pH yang berkisar antara 7-8 (Ali *et.al.*, 1992; Lawrence, 1998).

Distribusi ukuran dari *Trochus niloticus* jantan maupun betina menunjukkan pola yang sama dan berhubungan dengan kedalaman perairan dan substrat dasar. *Trochus niloticus* yang berukuran kecil umumnya dijumpai pada daerah intertidal dan yang berukuran besar hidup pada daerah yang dalam (Paongan *et al*, 2001). Selanjutnya (Paongan *et al*, 2001), menemukan bahwa lola dengan diameter rata-rata 40,2 mm hidup pada kedalaman 0,1–3 meter, diameter rata-rata 81,3 mm umumnya dijumpai pada kedalaman >3–5 meter, rata-rata diameter 100,4 mm biasanya dijumpai pada kedalaman >5–8 meter dan rata-rata ukuran 117,8 mm diperoleh pada kedalaman >8–15 meter. Hahn (1989) menemukan bahwa kepadatan maksimum dari *Trochus niloticus* dijumpai pada pecahan-pecahan karang mati yang berukuran besar yang banyak ditumbuhi oleh filamentos algae, diatom dan foraminifera.

#### **2.1.7. Kepadatan**

Secara alami, kepadatan populasi siput lola di suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis substrat, ketersediaan pakan, kuat hempasan ombak atau gelombang, dan kedalaman perairan. Di pulau Saparua, siput lola (*Trochus niloticus*) umumnya ditemukan di pantai Timur dan Selatan berjumlah 223 individu dengan diameter cangkang antara 2,32 - 9,68 cm. Kepadatan total populasi siput lola di pulau Saparua adalah sebesar 620 ind./ha dengan biomassa

total 4,15 ton/ha. Kepadatan siput lola tertinggi adalah di desa Noloth yaitu sebesar 920 ind/ha dengan biomassa tertinggi juga di desa Noloth sebesar 8,21 ton/ha. Kepadatan terendah adalah di desa Ulath, yaitu 370 ind./ha dengan biomassa 2,98 ton/ha, sedangkan biomasa terendah di desa Haria yaitu 2,86 ton/ha dengan kepadatan 550 ind./ha. Kepadatan populasi siput lola tertinggi adalah di segmen transek yang berjarak 90–100 m dari batas surut yaitu sebesar 1.250 ind/ha, dengan biomasa 19,872 ton/ha. Kepadatan terendah siput lola adalah di segmen transek 10–20 m yaitu 140 ind/ha, dengan biomassa 0,056 ton/ha (Leimena, 2007).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan siput lola di pulau Saparua lebih rendah bila dibandingkan dengan populasi siput lola di beberapa lokasi lain, seperti di Kepulauan Kei Besar, pulau Banda, dan pulau Tayando yang mencapai 30.000 ind/ha (Arifin, 1993), di Queensland (Australia) yaitu sebesar 1.780 ind./ha (Castell, 1997), dan di Kepulauan Cook (Australia) sebesar 630 ind./ha (Ponia *et al.*, 1997). Rendahnya kepadatan siput lola di pulau Saparua diduga disebabkan oleh pengambilan siput lola yang dilakukan secara terus-menerus tanpa disertai dengan usaha konservasi. Sementara perbedaan kepadatan dan biomasa populasi siput lola diantara ke enam lokasi pencuplikan terutama disebabkan oleh perbedaan perlakuan masyarakat dalam pengambilan siput lola. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa hanya di desa Noloth yang pemanfaatan siput lola dikelola melalui pengaturan waktu pengambilan dan ukuran diameter minimum siput yang boleh diambil, sedangkan di kelima lokasi lainnya pengambilan siput dilakukan secara bebas oleh masyarakat (Leimena, 2007).

### 2.1.8. Kebiasaan Makan Siput Lola dan Sumberdaya Makanan

Cara makan gastropoda bermacam–macam yaitu sebagai herbivora, karnivora, *ciliary feeder*, *deposit feeder*, parasit maupun *scavenger*. Pada kebanyakan gastropoda, radula merupakan alat untuk makan yang tingkat perkembangannya sudah tinggi, meskipun ada beberapa jenis yang tidak memilikinya. Lola (*T. niloticus*) umumnya aktif dan memiliki kebiasaan mencari makan di malam hari (*nocturnal feeding habit*) (Tukloy, 1997). Penelitian tentang pertumbuhan siput lola di laboratorium yang dilakukan oleh Heslinga (1981a), juga menunjukkan bahwa spesimen siput di laboratorium tetap mempertahankan kebiasaan tersebut, sementara pada siang hari siput umumnya berdiam diri dan mengelompok di bagian tangki yang lebih rendah.

Pada saat mencari makanan dan tempat berlindung, siput lola bergerak secara perlahan dan kadang–kadang dibantu oleh pergerakan gelombang laut. Di bagian pantai yang sering terkena hempasan ombak, siput lola jarang ditemukan di bagian atas karang atau permukaan substrat. Siput lola merupakan hewan yang hidup pada dasar perairan dan mencari makan dengan mengikis mikroalga yang menempel pada dasar substrat yang keras seperti batu, patahan karang, serta karang batu. Makanan alaminya adalah krustasea kecil (copepoda, ostracoda dan isopoda), foraminifera, radiolaria, spicularia sponge, serta fragmen dari koloni hydroid, larva polychaeta, nematoda, fitoplankton (*Rhizosolenia*, *Rhabdonema*, *Thalassionema* dan *Eucampia*), dan juga moluska-moluska kecil. Disamping itu juga ditemukan beberapa jenis makroalga antara lain *Polysiphonia*, *Ulva*, *Chaetomorpha*, *Turbinaria*, dan *Hypnea* (Shokita *et al*, 1991; Hatta, 1992; Tukloy, 1997).



Selain itu diketahui bahwa jenis makanan siput lola berupa alga dari jenis Cyanophyta, Phaeopyta, Rhodophyta dan Chlorophyta. Siput ini juga menyukai detritus dan jenis-jenis protozoa (Soekendarsi *et al*, 1998; Ali *et al*, 1992). Hasil penelitian Soekendarsi *et al* (1998), tentang analisis isi lambung siput lola (*Trochus niloticus*), menemukan bahwa makanannya yang berada di dalam lambung siput lola adalah berbagai variasi mikro dan makroalga bentik. Hasil yang sama ditemukan pula oleh Soekandarsi *et al* (1998), yang mengemukakan bahwa isi lambung dari siput lola terdiri dari 42 taxa diantaranya Chrysophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae dan Rhodophyceae, campuran bahan-bahan organik bercampur pasir dan detritus. Selanjutnya berdasarkan hasil eksperimen Soekendarsi *et al* (1999), terhadap siput lola yang berukuran 30 – 39,9 mm mendapatkan bahwa algae hijau spesies *Ulva reticulata* merupakan sumber makanan yang sangat baik untuk pertumbuhan siput lola (*T. niloticus*).

Hasil penelitian dari Indrawati (1993) dan Satari (1996), menemukan bahwa siput lola menyukai makroalgae dari spesies *Caulerpa* dan *Ulva*, dan memberikan pertumbuhan yang lebih baik. Hal ini dikarenakan kedua spesies ini mengandung *carotene* dalam jumlah yang cukup tinggi. Diketahui bahwa *carotene* merupakan komponen dasar penghasil vitamin dan chitin yang esensial untuk perkembangan cangkangnya. Kandungan protein yang ditemukan pada makroalgae dari spesies *Caulerpa* dan *Ulva* adalah sama dengan yang dijumpai pada spesies makroalgae bentik laut yang lainnya, seperti *Padina* dan *Gracilaria*. *T. niloticus* lebih menyukai *Caulerpa* dan *Ulva* karena teksturnya yang lebih lunak, jika dibandingkan dengan *Padina* dan *Gracilaria*.

### 2.1.9. Habitat

Lola (*Trochus niloticus*) merupakan jenis hewan yang hidup di daerah pasang surut (*littoral zone*) diantara batas pasang tertinggi dan surut terendah. Jenis substrat tempat hidup siput lola umumnya tersusun atas karang hidup dan karang mati (patahan karang) dengan sejumlah besar algae hijau dan coklat yang menempel di permukaannya sebagai sumber makanan siput lola. Jenis karang seperti ini memiliki banyak celah dan lubang yang berfungsi sebagai tempat berlindung bagi juvenil dan siput dewasa. Siput lola juga cenderung tidak ditemukan di perairan dengan substrat berpasir atau berlumpur (Springsteen and Leobrera, 1986).

#### 1) Ekosistem terumbu karang

Terumbu karang (*coral reef*) merupakan ekosistem yang khas terdapat di daerah tropis. Terumbu karang merupakan suatu ekosistem khas yang terdapat di wilayah pesisir daerah tropis. Pada umumnya terumbu terbentuk dari endapan-endapan masif kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), yang dihasilkan oleh organisme karang pembentuk terumbu (karang hermatipik) dari filum Cnidaria, ordo Scleractina yang hidup bersimbiosis dengan *zooxantellae*, dan sedikit tambahan dari algae berkapur serta organisme lain yang mensekresi kalsium karbonat. Ekosistem karang ditemukan pada daerah dangkal (kedalaman perairan <50m) dengan perairan yang jernih, suhu air yang hangat ( $>18^\circ\text{C}$ ), salinitas air yang konstan berkisar antara 30-36 ‰, gerakan gelombang yang besar, sirkulasi air yang lancar serta terhindar dari sedimentasi (Nybakken, 1992).

Pada ekosistem terumbu karang hidup beranekaragam avertebrata (siput, kerang-kerangan, krustasea, ekinodermata), beragam ikan, reptil (ular laut dan penyu), ganggang dan rumput laut, oleh karena itu terumbu karang dikatakan memiliki peran ekologis yaitu, sebagai habitat biota-biota laut, tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat pengasuhan (*nursery ground*) dan tempat memijah (*spawning ground*). Selain itu terumbu karang, khususnya terumbu karang tepi dan penghalang, berperan penting sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan arus kuat yang berasal dari laut. Terumbu karang dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung yaitu: sebagai tempat penangkapan berbagai jenis biota laut konsumsi, dan berbagai jenis ikan hias, sebagai bahan konstruksi bangunan dan pembuatan kapur, sebagai bahan perhiasan serta sebagai bahan baku farmasi (Bengen, 2001).

Ekosistem ini mempunyai produktivitas organik yang sangat tinggi, demikian pula keanekaragaman biota yang ada di dalamnya. Di tengah samudera yang miskin bisa terdapat pulau karang yang sangat produktif hingga kadang-kadang terumbu karang ini diandaikan seperti oase di tengah gurun pasir yang gersang. Komponen biota terpenting di suatu terumbu karang ialah hewan karang batu (*stony coral*), hewan yang tergolong Scleractinia yang kerangkanya terbuat dari bahan kapur, tetapi disamping itu sangat banyak jenis biota lainnya yang hidupnya mempunyai kaitan erat dengan karang batu ini. Kesemuanya terjalin dalam hubungan fungsional yang harmonis

dalam satu ekosistem yang dikenal dengan ekosistem terumbu karang. Selanjutnya sebagai sumberdaya hayati, terumbu karang dapat pula menghasilkan berbagai produk yang mempunyai nilai ekonomis penting seperti berbagai jenis ikan karang, udang karang, algae, teripang, siput, kerang dan sebagainya (Bengen, 2001).

Menurut Yonge (1963) dan Stoddart (1969) dalam Supriharyono (2009) mengemukakan bahwa produktivitas primer dikebanyakan perairan karang berkisar antara 1.500-3.500 gC/m<sup>2</sup>/thn dan produksi tersebut adalah sekitar 100 kali lebih besar dari perairan lautan tropis sekitarnya. Tingginya produktivitas primer di perairan terumbu karang dibandingkan dengan di perairan laut (lepas pantai), karena dukungan produksi dari sumber-sumber lain, seperti fitoplankton, lamun, mikro dan makroalgae. Melihat peranan ekologis serta produktivitas primer ekosistem karang membuat ekosistem ini penting untuk dijaga dan dilindungi demi keberlanjutan sumberdaya karang dan kekayaan keanekaragaman.

Menurut perkiraan terumbu karang yang ada di Indonesia menempati area seluas 7.500 km<sup>2</sup> dari luas perairan Indonesia (Kantor Menteri LH, 1992 dalam Supriharyono, 2009). Kondisi luasnya terumbu karang yang demikian seperti ini tentu tidak mengherankan bila pada ekosistem ini terdapat biota laut yang beragam oleh karena ketersediaan sumberdaya makanan yang tinggi.

Burke *et al*, (2002), mengemukakan bahwa aktivitas yang merusak terumbu karang, dalam waktu singkat dapat saja memberikan

keuntungan secara individual. Namun, keuntungan bersih dari tindakan seperti ini seringkali bernilai kecil dibanding dengan kerugian masyarakat akibat turunnya produktivitas ekosistem terumbu karang tersebut. Sebagai contoh, para nelayan yang melakukan pengeboman ikan mendapatkan 15.000 dolar AS setiap Km<sup>2</sup>, tetapi tindakan mereka menyebabkan kerugian bagi masyarakat antara 91.000-700.000 dolar AS setiap Km<sup>2</sup> selama lebih dari periode 20 tahun.

Briggs (2003), juga mengemukakan bahwa dari aktivitas penangkapan ikan di Indonesia ternyata 95 % total penangkapan yang dilakukan nelayan menggunakan perahu kecil, yang sebagian besar hanya bertujuan untuk mendapatkan keuntungan ekonomi tanpa memikirkan tingkat kerusakan lingkungan yang sudah terjadi karena aktivitas penangkapan tersebut. Ditambahkan juga bahwa akibat yang ditimbulkan dari kerusakan lingkungan adalah terjadi migrasi populasi biota yang hidup bergantung pada ekosistem ini. Masalah-masalah yang ditimbulkan dari kegiatan nelayan berskala kecil adalah karena tingginya intensitas usaha serta penggunaan teknik-teknik penangkapan yang merusak, sehingga banyak habitat karang yang rusak, kehilangan keanekaragaman dan habitat hidup karang berubah menjadi tempat hidup algae.

Selain itu penyebab utama kehilangan terumbu karang adalah akibat pengelolaan pantai dan daerah hulu yang kurang baik, sehingga tingkat sedimentasi tinggi di perairan pesisir. Dampak sedimentasi ke

ekosistem terumbu karang, antara lain: sedimen yang dihasilkan akibat erosi yang terjadi di darat bila mencapai muara sungai maka akan terjadi kekeruhan. Tingginya kekeruhan tersebut menghambat fungsi *zooxantellae* dan selanjutnya menghambat pertumbuhan karang. Kekeruhan ini juga akan menghambat difusi oksigen ke polip karang, hal ini tentunya akan mematikan organisme karang. Terumbu karang yang hidup berdekatan dengan muara sungai yang mengalami banjir, juga akan mati karena sedimentasi maupun penurunan salinitas.

Analisis tentang terumbu karang Indonesia oleh LIPI tahun 1995 dan Coremap tahun 2001, mendapatkan bahwa kondisi karang Indonesia 5-6% sangat baik, 21-23% baik, 28-35% sedang dan 40-43% berada dalam kondisi buruk. Kriteria kondisi karang yang sangat baik memiliki persen penutupan sebesar  $> 75\%$ , 50-75% baik, 25-50% sedang dan  $< 25\%$  adalah buruk (Briggs, 2003). Selanjutnya Wilkenson *et.al.* (1994) dalam Briggs (2003) mengemukakan bahwa semua terumbu karang di Indonesia berada dalam kondisi kritis (akan hilang dalam kurun waktu 10-20 tahun) atau di bawah kondisi terancam (dalam 20-40 tahun akan hilang). Hasil estimasi lain diperoleh bahwa 40% karang berada dalam kondisi menyedihkan dan hanya 29% berada dalam kondisi baik dan sangat baik. Hal ini mengindikasikan bahwa proporsi terumbu karang yang berkurang di Indonesia sudah meningkat dari 10-50% dalam 50 tahun terakhir (Chou, 2000 dan WRI, 2002 dalam Briggs, 2003).

## **2.2. Aspek Sosekbud dalam Pengelolaan Sumberdaya Siput Lola**

Berbagai permasalahan menyangkut kebijakan pengelolaan sumberdaya pesisir dan laut telah menjadi perhatian banyak pihak sejak dulu. Konsep-konsep strategi pengelolaan dikembangkan antara lain, ada yang memakai konsep pengelolaan berbasis masyarakat, pengelolaan berbasis sumberdaya ataupun konsep yang menggabungkan semua aspek dalam pengelolaan yaitu aspek ekonomi, ekologi dan sosial budaya masyarakat. Ada juga yang mengembangkan pengelolaan sumberdaya moderen dengan tradisional. Tentunya semua itu bertujuan untuk mengefektifkan kebijakan perlindungan terhadap sumberdaya laut.

Tidak dapat dipungkiri bahwa dari sebagian penduduk miskin di Indonesia, sebagian besar dari mereka tinggal di wilayah pesisir. Hasil penelitian COREMAP tahun 1997/1998 di 10 provinsi di Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata pendapatan rumah tangga nelayan berkisar antara Rp 82.500 – Rp 225.000 per bulan. Kalau dikonversi ke pendapatan per kapita, angka tersebut ekuivalen dengan rata-rata Rp 20.625 – Rp 56.250 per kapita per bulan. Angka tersebut misalnya masih di bawah upah minimum regional yang ditetapkan pemerintah pada tahun yang sama sebesar Rp 95.000 per bulan, dengan besarnya perbedaan pendapatan tersebut di atas, sulit untuk mengatasi masalah kerusakan ekosistem pesisir tanpa memecahkan masalah kemiskinan yang terjadi di wilayah pesisir itu sendiri, apalagi pendapatan yang diperoleh melalui praktek perikanan yang merusak lebih besar (DKP-RI, 2001).

Permasalahan pengelolaan sumberdaya pesisir juga tidak terlepas dari rendahnya pemahaman masyarakat tentang nilai sebenarnya dari sumberdaya

pesisir secara keseluruhan. Ekstraksi sumberdaya-sumberdaya alam oleh masyarakat pesisir juga masih meninggalkan limbah. Kurangnya pemahaman terhadap nilai sumberdaya pesisir ini berakibat pada ekstraksi yang berlebihan (*over exploitation*) dan kurang ramah lingkungan. Selain itu, pengelolaan berkelanjutan sumberdaya pesisir dan laut muncul dengan sejumlah tantangan karena selama ini secara khusus pengelolaan didasarkan pada pertimbangan biologis saja. Akibatnya terjadi *over exploitation* dan kerusakan sejumlah aset penting di laut seperti sudah dijelaskan sebelumnya, oleh karena itu Davis and Gartside (2001) dalam tulisannya, menjelaskan memang penting bahwa *biologist* merupakan kelompok yang dominan dalam mengelola sumberdaya alam serta memahami isu ekonomi.

Sejarah mencatat bahwa sejak tahun 1800an, masyarakat Maluku sebetulnya sudah menyadari pentingnya melindungi sumberdaya alam, termasuk siput lola. *Sasi* merupakan sistem pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya alam secara tradisional yang digunakan oleh banyak daerah di wilayah Maluku (Soselisa, 1998). Sumber lain juga mendefinisikan *sasi* sebagai suatu pranata budaya masyarakat pedesaan di daerah Maluku di bidang pelestarian lingkungan. Selanjutnya sebagai pranata yang mengatur kelakuan berpola dari manusia dalam kebudayaannya, *sasi* berkaitan dengan eksistensi anggota persekutuan masyarakat adat di negeri–negeri yang secara umum dihubungkan dengan adanya larangan dari pemerintah negeri kepada masyarakat untuk memetik buah–buah tertentu di darat dan mengambil hasil laut tertentu selama jangka waktu tertentu. Oleh sebab itu, *sasi* dapat dipahami sebagai suatu bagian dari pranata budaya mengenai



pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya alam hayati, dan lingkungan (Sahusilawane *et al*, 2004).

Menurut Satria *et al*, (2002) pranata sosial yang mencerminkan kearifan tradisional dalam pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan merupakan kekuatan daerah, untuk itu dalam desentralisasi daerah tidak perlu lagi menyusun formula pengelolaan sumberdaya perikanan, sebaliknya daerah hanya melengkapi formula dalam merekonstruksi modal sejarah tersebut menjadi modal sosial yang riil, sehingga menjadi sesuatu yang kontributif dalam mempercepat implementasi Undang-Undang atau Peraturan Pemerintahan Daerah. Selanjutnya pembahasan *sasi* akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab, aspek hukum dan kelembagaan.

### **2.3. Aspek Hukum dan Kelembagaan dalam Pengelolaan Sumberdaya Siput Lola**

Tiga tujuan dari biologi konservasi yang *pertama* adalah menyelidiki dampak manusia terhadap keberadaan dan kelangsungan hidup spesies, komunitas dan ekosistem; *kedua*, mengembangkan pendekatan praktis untuk mencegah kepunahan spesies, menjaga variasi genetik dalam spesies, serta melindungi dan memperbaiki komunitas biologi dan fungsi ekosistem terkait; dan *ketiga*, mempelajari serta mendokumentasi seluruh aspek keanekaragaman hayati di bumi (Wilson, 1992 *dalam* Indrawan *et al*, 2007). Salah satu aspek penting dalam pengelolaan kawasan adalah upaya memantau komponen yang berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati, seperti jumlah individu spesies langka dan terancam punah, serta banyaknya produk alami yang keluar dari ekosistem karena dipanen masyarakat setempat (Feinsinger, 2001 *dalam* Indrawan *et al*, 2007).

Dalam kaitan dengan upaya perlindungan terhadap sumberdaya alam dari tindakan yang mengancam keberlangsungan hidup sumberdaya tersebut, maka peran hukum dan lembaga terkait diharapkan dapat efektif mengatur pengelolaan sumberdaya tersebut. Berdasarkan peraturan yang berlaku, disebutkan bahwa salah satu sumberdaya alam yang dilindungi adalah siput lola (*Trochus niloticus*). Jenis siput lola (*T. niloticus*) dikatakan merupakan jenis satwa yang dilindungi (Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1999). Selanjutnya di dalam Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor 385/1999 menetapkan siput lola (*T. niloticus*) berukuran lebih besar dari 8,0 cm sebagai satwa buru. Peraturan tentang batas terkecil dan terbesar yang boleh ditangkap di beberapa negara penghasil siput lola disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 ini menjelaskan bahwa peraturan batas terkecil lola yang diijinkan tangkap di Jepang dan Australia adalah berdiameter cangkang 6,0 cm. Arifin (1993), dari segi pengawasan terhadap undang-undang dan peraturan yang telah dikeluarkan untuk melindungi siput lola, ternyata Indonesia yang paling lemah, hal ini terbukti dari ukuran diameter cangkang yang diperdagangkan di Indonesia masih berkisar antara 5,0–13 cm. Hal serupa dijumpai juga di desa Noloth pulau Saparua, ukuran diameter siput lola yang diambil pada waktu buka sasi berkisar antara 5 – 7 cm (Soparue, 2008).

Tabel 3. Batas ukuran diameter cangkang yang boleh dipanen di beberapa negara di Pasifik\*)

| Wilayah          | Diameter Cangkang (Cm) |          | Referensi                                   |
|------------------|------------------------|----------|---|
|                  | Terkecil               | Terbesar |   |
| Guam             | 10,0                   | -        | Wells (1981)                                |
| Papua New Guinea | 10,0                   | 12,0     | Bour and Hofehir (1985)                     |
| New Calidonia    | 9,0                    | 12,0     | Bour and Hofehir (1985)                     |
| French Polynesia | 8,0                    | 12,0     | Wells (1981)                                |
| Tahiti           | 8,0                    | 12,0     | Doumenge (1973) <i>dalam</i><br>Nash (1985) |

Lanjutan Tabel 3.

| Wilayah                   | Diameter Cangkang (Cm) |          | Referensi                                   |
|---------------------------|------------------------|----------|---|
|                           | Terkecil               | Terbesar |   |
| Cook Island               | 8,0                    | 11,0     | Sims (1985) <i>dalam</i> Nash (1985)        |
| Philipina                 | 8,0                    | -        | Seale (1917) <i>dalam</i> Nash(1985)        |
| Palau                     | 7,6                    | -        | Heslinga <i>et al</i> (1981)                |
| Vanuatu                   | 7,0                    | -        | Wells (1981)                                |
| Australia                 | 6,0                    | -        | Mourhouse (1933)                            |
| Japan (Okinawa)           | 6,0                    | -        | Honma (1988)                                |
| <b>Indonesia (Maluku)</b> | > 8,0                  | -        | KepMen Kehutanan & Pertanian No. 385 (1999) |

Keterangan : \*) Sumber Soparue, 2008.

Secara nasional, pemanfaatan jenis siput lola (*T. niloticus*) dilakukan berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam Nomor 12/2008 tentang quota tangkap siput lola (*T. niloticus*) di Provinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku, Papua Barat, Sumatera Utara dan Bengkulu. Quota tangkap yang diperbolehkan untuk Provinsi Maluku yaitu hanya 75 ton periode tahun 2008 (Kep. Dir. Jen. PHKA, 2008).

Di Maluku pengambilan siput lola umumnya diatur melalui sistem hukum tradisional (*sasi*) dan dijalankan oleh lembaga adat yang ada di desa. Pengaturan pengambilan siput lola melalui sistem hukum tradisional umumnya meliputi pengaturan pengambilan siput lola dalam waktu tertentu yaitu pada saat musim buka *sasi* dan pengaturan diameter cangkang siput minimum yang boleh diambil oleh masyarakat (Arifin, 1993; Harkes & Novaczek, 2000; Purnomo, 2000).

Berdasarkan praktek *sasi* di Pulau Saparua, Nikijuluw (1994) menyimpulkan bahwa *sasi* adalah suatu sistem pemanfaatan sumberdaya alam

(hutan dan laut) bagi anak negeri (penduduk desa setempat) maupun pendatang. Aturan *sasi* ini berdasarkan adat dan agama, memiliki saksi serta perangkat pelaksana dan pengawasan yang terdiri dari pemerintah desa lainnya serta pemimpin agama dan pimpinan adat. Dari segi sosial budaya, *sasi* dapat diartikan sebagai suatu lembaga tradisional, yang fungsinya bukan hanya mengatur penggunaan sumberdaya, tetapi juga mencakup pengertian hubungan antara manusia, lingkungan alam dan dewa-dewa, para leluhur dan roh-roh (Von Benda-Beckmann, 1995 dalam Novaczek *et al.*, 2001).

Lembaga *sasi* mengontrol wilayah tanah, laut dan sumberdaya dengan menggunakan sekumpulan peraturan (Kriekhoff, 1991). Menurut Lokollo (1988), hakekat lembaga *sasi* secara spesifik adalah fungsi sosial kemasyarakatan yang membawa hakekat terselenggaranya; (1) Hak-hak anak negeri atas lingkungan hidup yang baik dan sehat; (2) Kewajiban anak negeri untuk berperan serta dalam rangka pengelolaan dan pemeliharaan lingkungan hidup, dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada pranata *sasi* terdapat gagasan pengelolaan berkelanjutan. Ditambahkan oleh Experl (2009), bentuk kesadaran orang Maluku akan keterbatasan sumberdaya alam mengakibatkan terjadinya praktek sistem konservasi tradisional yang dikenal dengan *sasi* tersebut.

*Sasi* dan konservasi merupakan dua hal penting yang selalu diperbincangkan pada berbagai pertemuan tentang biodiversitas, baik ditinjau dari pendekatan ekologis, ekonomi, lembaga maupun struktur sosial budaya masyarakat. Keduanya sama-sama memberi penekanan pada aspek perlindungan terhadap keanekaragaman sumberdaya alam agar tetap lestari. Dalam setiap forum, Indonesia sebagai negara *megadiversity* tentu bisa mengusulkan berbagai

ide dan konsep unik yang tumbuh di negara sendiri untuk menyelamatkan biodiversitas ini.

Konsep atau tradisi perlindungan sumberdaya seperti, “*sasi*” yang hanya ada di Maluku diharapkan bisa ditularkan ke daerah-daerah lainnya, artinya tradisi ini hendaknya terus dipelihara dan dilanjutkan, sehingga memperkecil peluang terjadinya bencana *biodiversity*. Untuk mengamankan *sasi* diperlukan campur tangan pemerintah, terutama pemerintah daerah, sebagai fasilitator lahirnya peraturan-peraturan yang melindunginya. *Sasi* juga dapat dilihat sebagai salah satu *community-based coastal resources management* serta dapat menjadi studi kasus dalam kebijakan pengelolaan yang berhubungan dengan *marine protected area* (Retraubun, 1996).

Secara praktis dapat dilihat bahwa pelaksanaan ”tutup dan buka *sasi*” dilakukan secara adat dan dipimpin oleh Raja Negeri (istilah sekarang Pemerintah Desa) sebagai pimpinan adat di desa tersebut. Acara ini dimulai dengan doa yang diangkat oleh toko agama. Hal ini dilakukan sebagai bentuk penyembahan dan penyerahan segala sumberdaya yang akan di *sasi* agar dijaga dan diberkati sampai tiba saatnya *sasi* akan dibuka kembali. Secara historis perubahan-perubahan pelaksanaan *sasi* di negeri Noloth Pulau Saparua tergambar dalam tabel sejarah perkembangan *sasi* (Tabel 4).

Tabel 4. Sejarah perkembangan *sasi* desa Noloth pulau Saparua

| Tahun   | Deskripsi Kondisi  |
|---------|--|
| 1960-an | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pengelolaan <i>sasi</i> dilakukan oleh pihak Gereja</li> <li>➤ Masyarakat lokal bebas untuk mengambil hasil <i>sasi</i> berupa sumberdaya laut ataupun hutan yang di <i>sasi</i></li> </ul> |
| 1970-an | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pengelolaan <i>sasi</i> dilakukan oleh Pemerintah Desa bersama pihak Gereja</li> </ul>  |

Lanjutan Tabel 4.

| Tahun       | Deskripsi Kondisi   |
|-------------|---|
| 1980-an     | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Untuk hasil di darat dan beberapa jenis sumberdaya laut, <i>sasi</i> dilakukan selama beberapa bulan sampai satu tahun sesuai dengan batas waktu <i>sasi</i> (kelapa) ataupun karena kebutuhan masyarakat dan kegiatan gerejawi</li> <li>➤ Untuk lola, periode tutup–buka <i>sasi</i> berlangsung selama 2–3 tahun</li> <li>➤ Pengelolaan <i>sasi</i> oleh Pemerintah Desa</li> <li>➤ Untuk <i>sasi</i> darat dan beberapa jenis sumberdaya di laut masih tetap.</li> <li>➤ Untuk lola, teripang, lobster dan japing-japing, periode tutup–buka <i>sasi</i> berlangsung selama 2–3 tahun</li> <li>➤ Area atau labuang <i>sasi</i> dilelang (ditenderkan) kepada masyarakat (lokal maupun dari luar) yang berminat untuk mengajukan penawaran</li> <li>➤ Pemenang lelang (tender) mempunyai hak untuk melakukan panen lola di area (labuang) <i>sasi</i> selama 30 hari (1 bulan) dengan pengawasan kewang</li> </ul> |
| 1990-an     | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pengelolaan <i>sasi</i> oleh Pemerintah Desa</li> <li>➤ Untuk <i>sasi</i> darat dan beberapa jenis sumberdaya di laut masih tetap.</li> <li>➤ Untuk lola, teripang, lobster dan japing-japing, periode tutup – buka <i>sasi</i> berlangsung selama 2–3 tahun</li> <li>➤ Area atau labuang <i>sasi</i> dilelang (ditenderkan) kepada masyarakat (lokal maupun dari luar) yang berminat untuk mengajukan penawaran</li> <li>➤ Pemenang lelang (tender) mempunyai hak untuk melakukan panen lola di area (labuang) <i>sasi</i> selama 30 hari (1 bulan) dengan pengawasan kewang</li> </ul>   |
| 2000 - 2007 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pengelolaan <i>sasi</i> oleh Pemerintah Desa</li> <li>➤ Untuk <i>sasi</i> darat dan beberapa jenis sumberdaya di laut masih tetap.</li> <li>➤ Untuk lola, teripang, lobster dan japing-japing, periode tutup–buka <i>sasi</i> berlangsung selama 3 tahun</li> <li>➤ Area atau labuang <i>sasi</i> dilelang (ditenderkan) kepada masyarakat lokal yang berminat untuk mengajukan penawaran</li> <li>➤ Pemenang lelang (tender) mempunyai hak untuk melakukan panen lola di area (labuang) <i>sasi</i> selama 30 hari (1 bulan) dengan pengawasan kewang</li> </ul>  |

Sumber: \*) Soparue (2008).

Perubahan sistem pemerintahan desa terhadap pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya perikanan berbasis masyarakat pada rezim adat adalah lebih tinggi dibandingkan dengan rezim sentralisasi maupun otonomisasi daerah. Untuk itu, sistem pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya perikanan yang berbasis masyarakat di Maluku pada rezim adat adalah lebih baik (Pical, 2008). Di Pulau Saparua seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa sistem hukum tradisional (*sasi*) ini telah diterapkan pada beberapa desa sejak dahulu. Sebagai contoh, di desa Noloth untuk menguatkan pelaksanaan *sasi* tersebut di dalam melindungi sumberdaya alam yang di *sasi*, dikeluarkan Peraturan Kepala Desa tanggal 21 Januari 1994. Peraturan khusus dalam keputusan ini yaitu masyarakat dilarang untuk menyelam dan membuang jaring di sekitar areal *sasi*. Ditetapkan juga mengenai batas ukuran siput lola yang boleh diambil adalah jika bagian dasarnya (diameter basal) sudah mencapai ukuran 4 jari orang dewasa. Ketentuan ini juga diatur mengenai pemberian sanksi atau hukuman kepada pelanggar larangan tersebut di atas yaitu bagi yang melakukan pelanggaran untuk pertama kali diberikan sanksi atau teguran dan peringatan secara tegas dan diumumkan kepada masyarakat.

Para pelanggar hukum tradisional *sasi*, misalnya masyarakat desa yang dengan sengaja mengambil sumberdaya yang di *sasi* tersebut akan diberikan sanksi berupa denda, sesuai dengan sumberdaya yang diambilnya. Hukuman lain juga akan diberikan apabila terjadi pelanggaran secara berulang. Menurut Soparue (2008), di Pulau Saparua bila seseorang dengan sengaja mengambil sumberdaya laut yang selama ini di *sasi* seperti siput lola, teripang, lobster dan japing – japing, dikenakan denda sepuluh kali lipat harga jual tiap kilogram.

Pergeseran struktur pemerintah desa terutama setelah implementasi UU Pemerintahan Desa tahun 1979 mendesak kelembagaan adat dan *sasi* untuk membenahi diri. Peraturan ini adalah suatu usaha untuk menyeragamkan struktur pemerintah desa di seluruh Indonesia sebagai tingkat paling bawah dalam sistem hirarki pemerintah orde baru dari organisasi kewilayahan. Kriteria seleksi dan batasan persyaratan hukum baru untuk kepala desa membuat tidak berkuasanya banyak pemimpin tradisional. Dalam perubahan kekuasaan berikutnya, pertanyaan tentang siapa yang mempunyai otoritas untuk menyatakan dan menjalankan *sasi* atau struktur serupa menjadi semakin tidak jelas dan bertentangan di banyak desa/daerah termasuk praktek *sasi* di Maluku (Thorburn, 1998).

Secara umum praktek *sasi* diarahkan untuk sumberdaya hayati di darat (*Land Sasi*) dan di laut (*Marine Sasi*). Pengawasan terhadap area *sasi* diberikan kepada "kewang" yang diangkat berdasarkan garis keturunan tertentu untuk menjalankan fungsi pengawasan terhadap aturan-aturan *sasi* yang berlaku di darat maupun di laut. Kewang merupakan polisi negeri yang dipilih dan diangkat oleh suatu rapat Saniri Besar (Raja) yang bertugas untuk memeriksa, mengawasi, dan mengamankan petuanan negeri yang meliputi wilayah darat, perairan (laut) dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya, termasuk kehidupan dan penghidupan penduduknya, berdasarkan pranata *sasi*. Pelaksanaan *sasi* memiliki keterkaitan dengan sistem pemerintahan adat.

Lembaga kewang ini juga diangkat berdasarkan garis keturunan. Contoh pengangkatan kewang di desa Noloth Pulau Saparua, kewang berasal dari dua soa atau uku (kampung) besar yaitu uku lua dan uku lima. Tiap soa/uku diindikasikan dengan marga-marga tertentu. Uku lua meliputi marga Luhulima, Metekohy,



Sopacua, Siahaya dan Leleuly, sedangkan uku lima terdiri dari marga Huliselan, Malessy, Selanno, Matatula, Pasalbessy, Silahoy, Ninkeula, Sipasulta, Peimahul dan Leatemala. Berdasarkan fakta sejarah, kawang uku lua mempunyai tugas untuk mengawasi *sasi* darat, sedangkan kawang uku lima mengawasi *sasi* laut. Sejalan dengan perkembangan negeri dan sumberdaya manusia (SDM) yang ada, maka fakta di lapangan menunjukkan bahwa pelaksanaan tugas ini telah dikerjakan secara bersama-sama yang didampingkan dengan tugas keseharian kawang dalam mencari nafkah. Apabila kawang darat berada di laut untuk mencari ikan, maka fungsi kawang tetap dijalankan dan sebaliknya untuk kawang laut. Kawang di negeri-negeri di pulau Saparua dikepalai oleh kawang besar yang disebut "*Fakter*" (Soparue, 2008).

Lembaga kawang sangat berperan dalam upacara buka dan tutup *sasi* lola. Kondisi ukuran dan jumlah lola yang ada di perairan wilayah *sasi* diketahui melalui pengamatan langsung di lapangan. Hal ini merupakan dasar pertimbangan untuk buka *sasi*. Selama masa buka *sasi* kawang melakukan pengawasan terhadap kegiatan panen, yang diarahkan kepada ukuran–ukuran dan jumlah siput lola yang dipanen, dan diinformasikan kepada pemerintah Negeri. Selanjutnya selama tutup *sasi* pengawasan dilakukan terhadap semua aktivitas penangkapan, bameti, pengambilan hasil hutan pada area *sasi* maupun yang berdekatan dengan wilayah *sasi* (Soparue, 2008).

Pekerjaan kawang adalah pekerjaan sukarela, dan tidak mendapatkan imbalan khusus atau dengan kata lain tidak digaji. Para kawang menyatakan bahwa mereka menerima tugas ini dengan sukarela atas dasar tanggung jawab dalam "*Soa*" dan bertanggung jawab untuk melestarikan budaya nenek moyang

mereka. Dari hasil wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa para kawang juga menerima upah, akan tetapi hanya sebatas insentif yang diberikan oleh pemerintah Negeri. Insentif tersebut bersumber dari hasil panen siput lola atau dari hasil denda atas pelanggaran–pelanggaran terhadap ketentuan–ketentuan *sasi* yang dilanggar. Pekerjaan kawang tidak mengenal batas usia, pada saat seseorang diangkat menjadi kawang, maka tugas dan tanggung jawabnya itu akan berlaku seumur hidupnya. Jika seorang kawang meninggal dunia, maka tugas dan tanggung jawabnya dapat diteruskan kepada kerabat lainnya yang terdapat dalam ”*soa*” kawang tersebut (Soparue, 2008).

Dilain sisi kenyataan menunjukkan bahwa ada juga kawang yang kedapatan tidak dapat melakukan tugas dengan baik, karena beberapa alasan yaitu: (1) keterbatasan sarana transportasi dan komunikasi mengingat wilayah pengawasan yang luas dan jauh, serta meliputi wilayah darat dan laut; (2) lebih memilih untuk melakukan pengawasan pada lokasi yang dekat yang ada hubungannya dengan pekerjaan yang dilakukan sehari–hari, misalnya menangkap ikan dengan jaring maupun pancing, mengambil hasil hutan di kebun; dan (3) karena kebutuhan ekonomi rumah tangganya maka selaku kepala keluarga, kawang tersebut harus pergi ke tempat lain untuk mengambil sagu (babalu), selanjutnya dapat dijual di pasar dalam bentuk bahan baku (mentah) maupun bahan jadi (sagu bakar, sagu tumbu dll) (Soparue, 2008)

Bentuk–bentuk pelanggaran yang biasa terjadi dan tertangani oleh kawang adalah pelanggaran yang dilakukan di wilayah *sasi* darat, sedangkan wilayah *sasi* laut khususnya lola, sampai saat ini sulit untuk diketahui dengan pasti. Beberapa informasi yang ditemukan selama penelitian berlangsung adalah

pencurian yang dilakukan oleh orang dari luar dan bukan orang negeri Noloth dengan dalih mereka hanya melakukan penangkapan ikan dengan pancing atau menggunakan jaring di batas area *sasi*. Hal ini memberi gambaran bahwa lemahnya pengawasan akibat dari rentang kendali menjadi hal yang sangat penting, oleh karena itu peranan kewang perlu dikembangkan dan difasilitasi dengan baik agar sistem *sasi* yang dilaksanakan dapat memenuhi kebutuhan perlindungan terhadap siput lola dan lingkungan habitatnya. Kewang juga perlu membuat suatu sistem pencatatan tentang hal-hal penting yang berkaitan dengan pelaksanaan *sasi* tersebut.

#### **2.4. Sistem Dinamik**

Sistem dinamik pertama kali diperkenalkan oleh Jay W. Forrester di *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) pada tahun 1950-an, merupakan suatu metode pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena adanya kecenderungan sebab-akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem. Metode sistem dinamik pertama kali diterapkan pada permasalahan manajemen seperti fluktuasi inventori, ketidakstabilan tenaga kerja, dan penurunan pangsa pasar suatu perusahaan. Hingga saat ini aplikasi metode sistem dinamik terus berkembang semenjak pemanfaatannya dalam bidang-bidang sosial dan ilmu-ilmu fisik. Berikut ini pengertian sistem dinamik adalah sebagai berikut :

- a. Sistem dinamik adalah suatu metode analisis permasalahan dan waktu merupakan salah satu faktor penting, dan meliputi pemahaman bagaimana suatu sistem dapat dipertahankan dari

gangguan di luar sistem, atau dibuat sesuai dengan tujuan dari pemodelan sistem yang akan dibuat (Coyle, 1979).

- b. Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititikberatkan pada kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem dinamik (Richardson dan Pugh, 1986).
- c. Sistem dinamik adalah suatu metode pendeskripsian kualitatif, pemahaman, dan analisis sistem kompleks dalam ruang lingkup proses, informasi, dan struktur organisasi, yang memudahkan dalam simulasi pemodelan kuantitatif dan analisis kebijakan dari struktur sistem dan kontrol (Wolstenholme, 1989 *dalam* Daalen dan Thissen, 2001).
- d. Sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan diferensial. Persamaan diferensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan di masa datang yang tergantung dari keadaan sekarang (Forrester, 1999).

#### **2.4.1. Pemodelan Dinamik**

Pemodelan merupakan alat bantu dalam pengambilan keputusan. Model didefinisikan sebagai suatu penggambaran dari suatu sistem yang telah dibatasi. Sistem yang dibatasi ini merupakan sistem yang meliputi semua

konsep dan variabel yang saling berhubungan dengan permasalahan dinamik (*dynamic problem*) yang ditentukan (Richardson dan Pugh, 1986). Model yang dikembangkan dengan sistem dinamik mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Menggambarkan hubungan sebab akibat dari sistem
- b. Sederhana dalam *mathematical nature*
- c. Sinonim dengan terminologi dunia industri, ekonomi, dan sosial
- d. Dapat melibatkan banyak variabel
- e. Dapat menghasilkan perubahan yang tidak kontinyu jika dalam keputusan memang dibutuhkan (Forrester, 1961 dalam Noorsaman dan Wahid, 1998).

Pada umumnya model dibangun untuk tujuan peramalan (*forecasting*) atau perancangan kebijaksanaan. Berbeda dengan model statis, pendekatan model dinamik bersifat deduktif dan mampu menghilangkan kelemahan-kelemahan dalam asumsi-asumsi yang dibuat, sehingga kesepakatan atas asumsi-asumsi dapat diperoleh. Model dinamik menekankan pada proses perubahan dari satu kondisi ke kondisi lainnya.

Karena perubahan memakan waktu, *delay* menjadi hal penting dalam pemodelan dinamik. Apabila dalam model statis tingkat variabel keadaan dan kelakuan sistem yang lalu menentukan tingkat stok dan kelakuan sistem sekarang, maka dalam model sistem dinamik hubungan temporal hanya berlaku untuk tingkat stok saja dan tidak untuk kelakuan sistem. Kelakuan sistem pada saat sekarang tidak dapat diterangkan oleh kelakuannya pada waktu yang lalu, melainkan oleh mekanisme interaksi

struktur mikro dalam sistem (Tasrif, 1993 *dalam* Noorsaman dan Wahid, 1998).

Dalam menyusun model dinamik terdapat tiga bentuk alternatif yang dapat digunakan (Muhammadi *et al.*, 2001), yaitu :

a. Verbal

Model verbal adalah model sistem yang dinyatakan dalam bentuk kata-kata.

b. Visual (analog model kualitatif)

Deskripsi visual dinyatakan secara diagram dan menunjukkan hubungan sebab akibat banyak variabel dalam keadaan sederhana dan jelas. Analisis deskripsi visual dilakukan secara kualitatif.

c. Matematis

Model visual dapat direpresentasikan ke dalam bentuk matematis yang merupakan perhitungan-perhitungan terhadap suatu sistem. Semua bentuk perhitungannya bersifat ekuivalen, yang mana setiap bentuk berperan sebagai alat bantu untuk dimengerti bagi yang awam.

#### **2.4.2. Pendekatan Sistem Dinamik**

Permasalahan dalam sistem dinamik tidak disebabkan oleh pengaruh dari luar namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem. Tujuan metodologi sistem dinamik berdasarkan filosofi kausal (sebab akibat) adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang tata cara kerja suatu sistem (Asyiwati, 2002). Tahapan dalam pendekatan sistem dinamik adalah :

a. Identifikasi dan definisi masalah

- b. Konseptualisasi sistem
- c. Formulasi model
- d. Simulasi model
- e. Analisa kebijakan
- f. Implementasi kebijakan

Tahapan dalam pendekatan sistem dinamik ini diawali dan diakhiri dengan pemahaman sistem dan permasalahannya, sehingga membentuk suatu lingkaran tertutup. Pendefinisian masalah merupakan tahap yang sangat penting dilakukan untuk mengetahui dimana sebenarnya pemodelan sistem perlu dilakukan. Tahap selanjutnya adalah menetapkan tujuan dan batas permasalahan dari sistem yang akan dimodelkan. Batas sistem menyatakan komponen-komponen yang termasuk dan tidak termasuk dalam pemodelan sistem. Batas sistem ini meliputi kegiatan-kegiatan di dalam sistem, sehingga perilaku yang dipelajari timbul karena interaksi dari komponen-komponen di dalam sistem (Richardson dan Pugh, 1986).

Selanjutnya, konseptualisasi model dilakukan atas dasar permasalahan yang didefinisikan. Ini dimulai dengan identifikasi komponen atau variabel yang terlibat dalam pemodelan. Variabel-variabel tersebut kemudian dicari interelasinya satu sama lain dengan menggunakan ragam metode seperti diagram sebab akibat (*causal*), diagram kotak panah (*stock and flow*), dan diagram sekuens (aliran). Konseptualisasi model ini memberikan kemudahan bagi pembaca agar dapat mengikuti pola pikir yang tertuang dalam model, sehingga menimbulkan pemahaman yang lebih mendalam atas sistem (Muhammadi *et al*,

2001).

Kemudian pada tahap formulasi (spesifikasi) model dilakukan perumusan makna yang sebenarnya dari setiap relasi yang ada dalam model konseptual, ini dilakukan dengan memasukkan data kuantitatif ke dalam diagram model. Spesifikasi model dilakukan terhadap variabel-variabel yang saling berhubungan dalam diagram. Pemodel dapat menentukan nilai parameter dan melakukan percobaan-percobaan terhadap pengembangan model dengan mengkomunikasikan kepada aktor-aktor yang terlibat. Dalam hal ini, model diformulasikan dengan persamaan matematik (Muhammadi *et al*, 2001).

Pada prinsipnya, model sistem dinamik dapat dinyatakan dan dipecahkan secara numerik dalam sebuah bahasa pemrograman. Perangkat lunak khusus untuk sistem dinamik telah banyak tersedia seperti *Dynamo*, *Stella*, *Powersim*, *Vensim*, *Ithink*, dan lain-lain. Pemilihan Powersim sebagai perangkat lunak untuk simulasi model adalah karena kemudahan dan kecanggihannya yang terus berkembang. Dalam Powersim, model kualitatif disajikan dalam bentuk grafik dari satu atau lebih variabel terhadap waktu. Pada model yang telah dibuat, data kuantitatif berupa data, informasi dimasukkan dengan mengklik variabel-variabel yang tersedia seperti *level*, *rate*, *auxiliary*, dan *konstanta* dan kemudian nilai/formula dimasukkan ke dalam variabel-variabel tersebut. Selanjutnya, metode numerik dan *time step* dapat dipilih untuk mengkalkulasi model (Muhammadi *et al*. (2001).

Tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi terhadap model dan melakukan validasi model yang juga akan menimbulkan umpan balik



terhadap pemahaman sistem. Menurut Muhammadi *et al.* (2001), simulasi model dilakukan untuk memahami gejala atau proses sistem, membuat analisis dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut di masa depan. Validasi model dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Hasil validasi ini kemudian akan menimbulkan proses perbaikan dan reformulasi model.

#### **2.4.3. Sistem Umpan Balik (*feedback system*)**

Permasalahan yang dimodelkan dengan pendekatan sistem dinamik sebaiknya mengandung dua karakteristik (Richardson dan Pugh, 1986), yaitu:

- a. Masalah yang akan dimodelkan mempunyai sifat dinamik, yakni menyangkut kuantitas yang berubah menurut waktu, sehingga dapat direpresentasikan dalam grafik kuantitas terhadap waktu.
- b. Adanya sistem umpan balik (*feedback system*).

Lingkar umpan balik merupakan suatu lingkaran tertutup dengan sederetan keputusan dihubungkan untuk menentukan tindakan, keadaan (*level*) sistem serta informasi mengenai keadaan sistem (Richardson dan Pugh, 1986). Informasi tersebut kemudian akan kembali kepada keputusan. Hal-hal yang mempengaruhi keputusan bukanlah keadaan (*level*) saja, melainkan juga informasi tentang keadaan yang mungkin berbeda dari keadaan sebenarnya akibat kesalahan atau keterlambatan (*delay*) yang terjadi dalam lintasan.

Menurut Muhammadi *et al.* (2001), lingkaran umpan balik dibedakan menjadi dua, yaitu positif dan negatif. Lingkaran umpan balik positif, jika hubungan sebab dan akibat searah, sebaliknya jika hubungan tersebut berlawanan arah maka lingkarannya adalah negatif.

#### 2.4.4. Komponen Pemodelan Sistem Dinamik

Dalam pemodelan sistem dinamik terdapat besaran-besaran pokok yang terdiri atas variabel-variabel. Variabel dalam Powersim yang digunakan adalah variabel "level", variabel "rate", variabel "auxiliary", dan variabel "konstanta" (Muhammadi *et al.*, 2001).

##### a. "Level"

"Level" merupakan variabel yang menyatakan akumulasi dari sejumlah benda (*nouns*) seperti orang, uang, inventori, dan lain-lain, terhadap waktu. "Level" dipengaruhi oleh variabel "rate" dan dinyatakan dengan simbol persegi panjang. Pada bagian bawah simbol variabel "level" menunjukkan nama variabel (Tasrif, 2004).

##### b. "Rate"

"Rate" merupakan suatu aktivitas, pergerakan (*movement*), atau aliran yang berkontribusi terhadap perubahan per satuan waktu dalam suatu variabel "level". "Rate" merupakan satu-satunya variabel yang mempengaruhi variabel "level". Dalam Powersim simbol "Rate" dinyatakan dengan kombinasi antara "flow" dan "auxiliary". Simbol ini harus terhubung dengan sebuah variabel "level" (Tasrif, 2004).

c. “*Auxiliary*”

”*Auxiliary*” merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara ”*level*” dan ”*rate*”. Seperti variabel ”*level*”, variabel ”*auxiliary*” juga dapat digunakan untuk menyatakan sejumlah benda (*nouns*). Simbol ”*auxiliary*” dinyatakan dengan sebuah lingkaran (Shintasari, 1988).

c. “*Konstanta*”

”*Konstanta*” merupakan input bagi persamaan ”*rate*” baik secara langsung maupun melalui ”*auxiliary*”. ”*Konstanta*” menyatakan nilai parameter dari sistem real. Simbol ”*konstanta*” dinyatakan dengan segi empat (Tasrif, 2004).

Simbol-simbol lain yang digunakan dalam diagram aliran model adalah simbol fungsi tabel, simbol fungsi tunda (*delay*), simbol sumber dan penampung (*sink*), dan simbol garis-garis aliran.

a. Fungsi Tabel

Fungsi tabel menyatakan hipotesa pembuat model tentang hubungan dua variabel yang tidak dapat dinyatakan dalam sebuah persamaan matematik (Shintasari, 1988). Persamaan tabel juga merupakan persamaan ”*auxiliary*”. Nilai variabel ”*auxiliary*” dalam fungsi/persamaan tabel ditentukan melalui suatu tabel yang menggambarkan pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya (Tasrif, 2004).

b. Fungsi Tunda (*delay*)

Fungsi tunda (*delay*) menyatakan penundaan waktu yang

terjadi pada aliran material (barang) maupun informasi. Dalam Powersim fungsi *delay* dibedakan menjadi tiga yaitu DELAYMTR-N-th (delay material orde ke-1,2,3...,n), DELAYINF-N-th (delay informasi orde ke-1,2,3...,n) dan DELAYPPL (delay *pipeline, infinite order material*) (Radzicki, 1994).

c. Sumber dan Penampung

Sumber dan penampung menggambarkan sesuatu di luar sistem (lingkungan sistem). Sumber dan penampung memiliki kapasitas tidak terbatas dan tidak mempengaruhi dalam model aliran. Sumber menyatakan asal aliran, sedangkan penampung menyatakan tujuan dari suatu aliran (Tasrif, 2004).

d. Garis Penghubung

Garis penghubung (*link*) menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya atau antara variabel dengan konstanta. Simbol *link* dalam Powersim dinyatakan dengan sebuah panah halus (Shintasari, 1988).

Dalam proses simulasi, perhitungan persamaan dilakukan setahap demi setahap terhadap waktu. Pertambahan waktu yang kontinyu, dipecah-pecah dalam interval waktu yang pendek dan sama besar.

#### 2.4.5. Teknik Simulasi

Simulasi adalah proses perancangan suatu model dari suatu sistem nyata dan melakukan percobaan-percobaan dengan model tersebut dengan

tujuan untuk memahami tingkah laku sistem atau mengevaluasi berbagai strategi untuk pengoperasian sistem (Shannon, 1975 *dalam* Tasrif, 2004). Simulasi menurut Subagyo *et al.* (1989) adalah duplikasi atau abstraksi persoalan dalam kehidupan nyata dalam model matematika. Dalam hal ini biasanya dilakukan penyederhanaan, sehingga pemecahan dengan model-model matematika bisa dilakukan. Teknik simulasi bersifat luwes terhadap perubahan-perubahan, sehingga sesuai dengan keperluan sistem yang sebenarnya. Teknik simulasi digunakan karena :

- a. Sistem dunia nyata dengan elemen-elemen stokastik sangat kompleks sehingga tidak dapat digambarkan dengan model matematika dan dianalisa dengan teknik analisis.
- b. Simulasi dapat memperkirakan dari tingkah laku sistem yang ada.
- c. Alternatif desain tujuan sistem dapat dibandingkan melalui simulasi.
- d. Pada simulasi dapat dilakukan pengendalian terhadap kondisi-kondisi eksperimen yang lebih baik dibanding melakukan eksperimen langsung terhadap sistem tersebut.
- e. Simulasi memungkinkan untuk kajian yang memerlukan waktu lama.

Keuntungan penggunaan simulasi (Chase dan Aquilano, 1991) :

- a. Simulasi mampu mengembangkan model dari sistem sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap sistem nyata.
- b. Simulasi jauh lebih umum dibandingkan model matematik dan dapat digunakan dimana model analitik matematik tidak dapat

digunakan untuk mengatasi permasalahan.

- c. Model simulasi memberikan replikasi yang lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit.

Sedangkan kekurangan dalam penggunaan simulasi :

- a. Simulasi tidak menghasilkan sebuah jawaban tetapi menghasilkan cara untuk menilai jawaban termasuk jawaban optimal. Simulasi bukan sebuah presisi dan juga bukan sebuah proses optimisasi.
- b. Model simulasi yang baik dan efektif adalah sangat mahal dan memerlukan waktu lama dibandingkan model analitik.
- c. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian.