

Karakteristik Perkembangbiakan Tikus Sawah pada Ekosistem Sawah Irigasi dan Implikasinya untuk Pengendalian

Sudarmaji¹, J. Jacob², J. Subagja³, S. Mangoendihardjo⁴, dan Tjut S. Djohan³

¹Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jln Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat, 41256

²Institute for Nematology and Vertebrate Research, Munster Germany

³Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

⁴Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

ABSTRACT. The Characteristics of Rice Field Rat-Reproduction in Lowland Irrigated Ecosystem and Its Implication on Rat Control. The research was conducted in Cilamaya, Karawang, West Java in 200 ha of farm land started from January 1999 to September 2002. The objective of the research was to study the characteristics of rice field rat-reproduction as a basic knowledge on rat control. Monthly rat sampling was carried out using Linear Trap Barrier System (LTBS) and also fumigation and digging the active burrow. Ten units of LTBS were erected in various types of habitats for three consecutive nights. Fumigating and digging of the active burrows were conducted in irrigation channel bank. Sexual maturity, pregnancy, litter size, the number of embryo and placental scars were recorded. The preference of rice field rats to inhabit a specific habitat was measured based on the highest number of pregnant and lactating female rats captured in that habitat. The results indicated that breeding of rice field rat occurred during the generative stage of rice crop. There were three generations produced within one planting season and the average number of offspring was 10 animals for each pregnancy. The highest number of offspring was recorded in the first pregnancy but then decreased gradually for the next pregnancy. The main breeding site for the rice field rats was found in irrigation channel bank habitat. Based on this information, rat control should be conducted earlier (early planting season) before they start to breed. Furthermore, upflying the same crop pattern and synchronous planting date, as well as prioritizing irrigation channel bank as the main target on rat control was recommended.

Keywords: Rice filed rat, lowland irrigation ecosystem, rat control

ABSTRAK. Penelitian dilakukan pada hamparan sawah petani dengan luas sekitar 200 ha di Cilamaya, Karawang, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan selama kurun waktu Januari 1999 sampai September 2002. Penelitian bertujuan untuk mempelajari karakteristik perkembangbiakan tikus sawah sebagai dasar dalam pengendalian. Pengambilan sampel tikus dilakukan dengan cara pemerangkapan menggunakan *linear trap barrier system* (LTBS) dan metode empos-gali. Pemerangkapan dilakukan dengan pemasangan 10 unit LTBS pada berbagai habitat tikus selama tiga malam berturut turut. Pengambilan sampel dengan empos-gali sarang tikus dilakukan di habitat tanggul irigasi. Pengambilan sampel dilakukan satu kali dalam setiap bulan. Pengamatan meliputi kondisi reproduksi, kebuntingan, jumlah anak, jumlah embrio dan jumlah *placental scars*. Preferensi terhadap habitat berkembangbiak tikus diukur berdasarkan jumlah tertinggi tangkapan tikus betina bunting dan menyusui. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangbiakan tikus sawah pada tanaman padi terutama terjadi pada periode padi stadia generatif. Dalam satu musim tanam terjadi tiga kali kelahiran tikus dengan jumlah anak rata-rata 10 ekor untuk setiap kelahiran. Jumlah anak terbanyak terjadi pada kelahiran pertama dan menurun pada kelahiran berikutnya. Tempat berkembangbiak tikus sawah terutama berada

di habitat tanggul irigasi. Berdasarkan karakteristik perkembangbiakan, pengendalian populasi tikus sawah sebaiknya dilakukan secara dini (awal tanam) sebelum tikus berkembangbiak, dengan target utama pengendalian di habitat tanggul irigasi. Penerapan pola dan waktu tanam padi secara serempak dapat membatasi perkembangbiakan tikus sawah.

Kata kunci: Tikus sawah, ekosistem sawah irigasi, pengendalian

Tikus sawah (*Rattus argentiventer*) merupakan hama utama tanaman padi di Indonesia dan menjadi penyebab kerusakan terbesar pada setiap musim tanam. Peningkatan populasi tikus sawah terutama disebabkan oleh perkembangbiakannya yang cepat. Peningkatan populasi tikus juga dapat terjadi karena migrasi akibat perbedaan ketersediaan sumber pakan maupun gangguan habitat seperti banjir atau pengolahan lahan sawah (Sudarmaji & Anggara 2000, Sudarmaji *et al.* 2005).

Pada umumnya hewan pengerat (termasuk tikus sawah) mempunyai potensi perkembangbiakan yang cepat, sehingga terjadi peningkatan populasi yang cepat pula. Tikus betina bunting selama 21 hari dan menyusui anaknya selama 21 hari. Tikus mampu bunting dan menyusui anaknya dalam waktu bersamaan dan tikus betina dapat kawin lagi dalam waktu 48 jam setelah melahirkan (Southwick 1969, Meehan 1984). Pada kondisi lingkungan yang baik dan pakan cukup tersedia, satu sarang dapat dihuni induk betina yang sedang bunting bersama dua generasi anak-anaknya (Lam 1983; Murakami *et al.* 1992).

Perkembangbiakan tikus sawah erat kaitannya dengan kualitas dan kuantitas pakan yang tersedia. Tikus bersifat omnivor, namun padi merupakan sumber utama pakan yang paling disukai tikus (Rahmini dan Sudarmaji 1997). Rochman dan Sudarmaji (1997) melaporkan bahwa pakan asal tanaman padi bunting berpengaruh positif terhadap perkembangbiakan tikus sawah. Pada periode tersebut terjadi awal proses reproduksi tikus. Generasi yang dihasilkan pada saat padi dalam fase bunting merupakan pemicu terjadinya penggandaan populasi dan berlanjut sampai tanaman bermalai dan panen.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkembangbiakan tikus sawah di lahan sawah irigasi sebagai dasar penentuan strategi pengendalian.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada daerah sawah irigasi dengan pola tanam padi-padi-bera di Cilamaya Karawang, Jawa Barat, selama kurun waktu Januari 1999 sampai dengan September 2002. Hamparan penelitian berupa lahan sawah petani dengan luas kurang lebih 200 ha. Pengambilan sampel tikus sawah dilakukan satu kali per bulan dengan metode *Line Trap Barrier System* (LTBS) (Leung & Sudarmaji, 1999; Aplin *et al.* 2003; Sudarmaji *et al.* 2005) dan metode empos-gali (Sudarmaji 1990; Rahmini *et al.* 2003).

Sepuluh unit LTBS dipasang pada berbagai habitat tikus yang meliputi habitat tanggul irigasi, pinggir kampung, jalan sawah, parit sawah dan tengah sawah (dua unit LTBS setiap habitat), selama tiga malam berturut-turut. Pengambilan sampel tikus dengan metode empos-gali sarang tikus dilakukan di sepanjang tanggul irigasi. Pengambilan sampel dengan metode LTBS menghasilkan sampel tikus hidup yang kemudian dilepas kembali setelah dilakukan pencatatan. Pengambilan sampel dengan metode empos-gali menghasilkan sampel tikus yang mati yang kemudian digunakan untuk keperluan otopsi atau pembedahan.

Pengamatan pada sampel tikus yang ditangkap dengan metode LTBS meliputi status perkembangan testis tikus jantan dan status kelahiran anak untuk tikus betina. Pengamatan kebuntingan dilakukan dengan metode palpasi (perabaan), terhadap tikus betina menyusui dilihat dari puting susunya (laktasi), dan pernah-tidaknya tikus betina melahirkan anak berdasarkan keadaan vagina (Aplin *et al.* 2003; Sudarmaji 2004). Pengamatan sampel tikus dari hasil empos-gali meliputi jumlah anak di dalam sarang, jumlah embrio hasil otopsi dan bintik bekas luka (*scars*) pada plasenta untuk mengetahui frekuensi kelahiran (Sudarmaji 2004).

Pengolahan data dasar hasil penelitian menggunakan perangkat lunak *FoxPro.V.6*. Data perkembangbiakan tikus sawah dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik. Perkembangbiakan tikus yang terjadi di antara stadium pertumbuhan padi diuji dengan analisis varian menggunakan SPSS v.9.

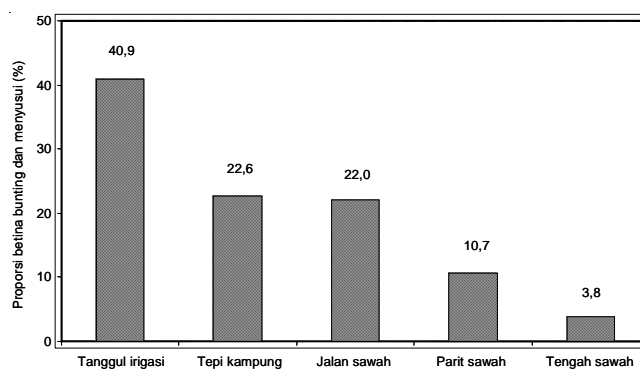
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tempat Perkembangbiakan

Berdasarkan pengamatan terhadap hasil tangkapan tikus pada berbagai habitat di ekosistem sawah irigasi diketahui bahwa tikus sawah mempunyai preferensi terhadap habitat untuk berkembangbiak. Hasil tangkapan tikus betina yang bunting dan menyusui menunjukkan bahwa habitat utama bagi tikus sawah untuk beranak adalah tanggul irigasi (Gambar 1).

Sebanyak 40,9% tikus sawah berkembangbiak di tanggul irigasi, 22,6% di tepi kampung, 20,0% di jalan sawah, 10,7% di pematang parit sawah, dan 3,8% di pematang tengah sawah. Tikus sawah cenderung bersarang dan beranak pada tanah yang relatif tinggi seperti tanggul irigasi, agar sarangnya dapat terhindar dari banjir yang dapat menyebabkan kematian anak-anaknya. Tanggul irigasi dengan lebar 1-2 m lebih disukai tikus untuk membangun sarang dan membesarkan anak-anaknya (Sudarmaji 1990; Nolte *et al.* 2002). Selain sebagai tempat berkembangbiak, tanggul irigasi juga merupakan habitat yang disukai tikus sawah untuk berlindung dan bersarang di luar musim perkembangbiakan (Sudarmaji dan Rohman 1997; Sudarmaji *et al.* 2006).

Meskipun habitat kampung diketahui paling banyak dihuni tikus sawah, terutama pada saat bera (Sudarmaji *et al.* 2005; Sudarmaji dan Herawati 2001), hanya 22,6% dari populasi yang beranak di habitat tersebut. Hal ini diduga karena tikus yang bersarang di habitat kampung mempunyai risiko yang tinggi terhadap serangan predator. Tikus sawah yang bersarang di habitat jalan sawah juga relatif sedikit, karena banyak mendapatkan gangguan dari aktivitas manusia. Habitat berupa pematang yang sempit (< 0,5 m) seperti parit sawah dan pematang tengah sawah kurang disukai tikus sawah sebagai tempat perkembangbiakan.



Gambar 1. Proporsi tikus sawah betina yang berkembangbiak di berbagai habitat di ekosistem sawah irigasi, Karawang.

Status Reproduksi

Perkembangbiakan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan laju peningkatan populasi tikus. Tikus sawah dapat berkembangbiak apabila telah mencapai kematangan seksual. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap tangkapan tikus betina selama periode 1999-2002, diketahui bahwa pada pertanaman padi stadia vegetatif sebagian besar tikus sawah betina yang tertangkap (78%) belum pernah melahirkan. Tikus-tikus betina tersebut telah dewasa dan siap kawin. Namun demikian, setelah tanaman padi mencapai stadia generatif (bunting sampai matang) sebagian besar (74%) dari populasi tikus betina yang tertangkap pernah melahirkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi perkembangbiakan tikus selama stadia padi generatif (Gambar 2). Pada periode bera, sebanyak 65% dari populasi tikus betina belum pernah melahirkan dan diperkirakan merupakan individu-individu yang berasal dari hasil kelahiran pada stadia padi generatif sebelumnya.

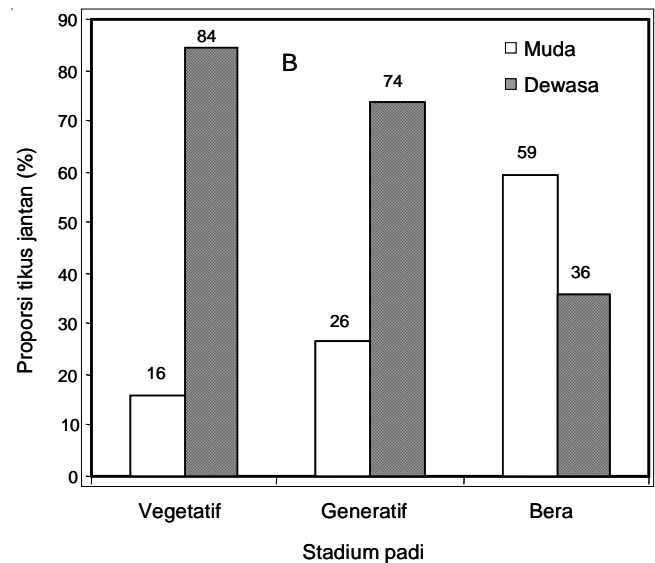
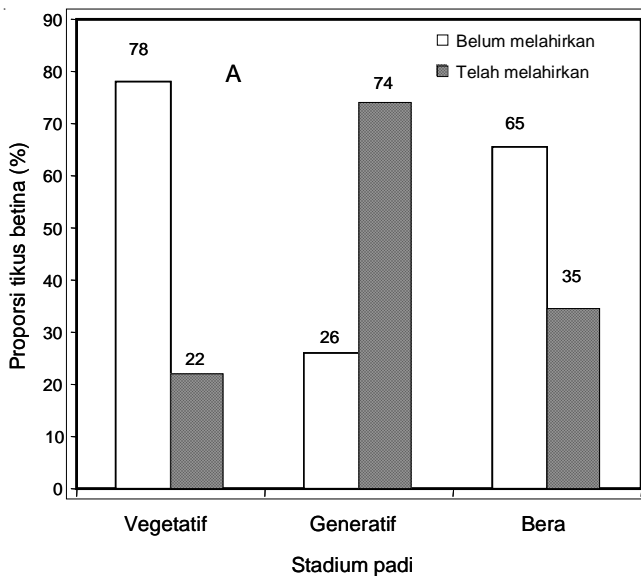
Pada kondisi optimal dengan ketersediaan pakan yang cukup, tikus betina berumur 28 hari telah mencapai kematangan seksual, yang ditandai oleh terbukanya vagina atau telah siap kawin (Murakami *et al.* 1992). Berdasarkan penelitian pada ekosistem sawah irigasi diketahui bahwa tikus betina paling muda yang telah bunting berumur sekitar 40 hari (Sudarmaji *et al.* 1996).

Pada tikus jantan, kematangan seksual ditandai oleh berkembangnya organ testis. Tikus jantan yang telah dewasa (reproduktif aktif), organ testisnya membesar

dan di dalamnya berisi spermatozoa. Testis yang berada di dalam kantong testis dan tampak menonjol keluar disebut testis skrotal. Pada tikus jantan yang belum dewasa (muda), testis masih berada di dalam rongga perut dan disebut testis abdominal. Tikus sawah jantan menjadi dewasa diperkirakan setelah berumur 60 hari (Murakami *et al.* 1992). Berdasarkan hasil pengamatan terhadap tangkapan populasi tikus jantan selama periode 2000-2002 diketahui bahwa populasi tikus jantan dewasa dominan pada padi stadia vegetatif (84%) dan stadia generatif (74%). Hal tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar tikus sawah jantan yang hidup pada padi stadia vegetatif dan generatif merupakan tikus jantan dewasa yang siap kawin (reproduktif aktif). Pada periode sawah bera, populasi tikus jantan didominasi oleh tikus jantan muda atau nonreproduktif aktif (59%), yang diperkirakan individu-individu yang dilahirkan pada padi stadia generatif sebelumnya (Gambar 2).

Pola Perkembangbiakan

Perkembangbiakan tikus betina sebagian besar terjadi pada stadia pertumbuhan generatif dan hanya sebagian kecil yang terjadi pada stadia vegetatif atau periode bera awal. Hal ini didasarkan atas adanya tangkapan tikus betina yang bunting dan menyusui anaknya. Tikus betina yang tertangkap (58,8%) pada periode padi stadia generatif diketahui dalam kondisi bunting dan menyusui. Pada periode sawah bera hanya 6,57% populasi betina bunting dan menyusui, dan 3,97% pada periode padi stadia vegetatif (Tabel 1).



Gambar 2. Proporsi populasi tikus betina yang pernah dan belum pernah melahirkan (A) dan proporsi populasi tikus jantan muda dan dewasa pada berbagai stadia pertumbuhan padi (B).

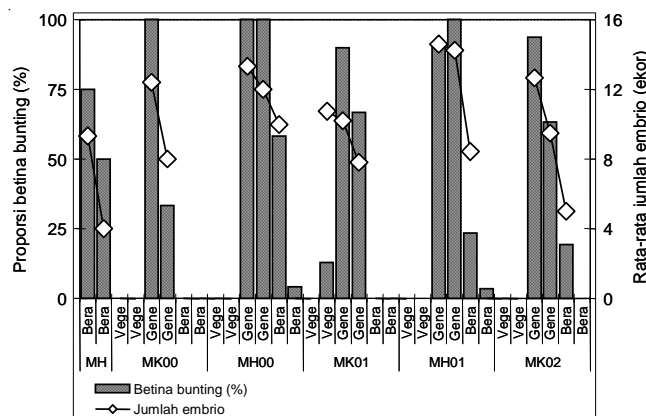
Padi bunting merupakan pakan yang paling disukai oleh tikus sawah (Sudarmaji 2004; Rahmini dan Sudarmaji 1997). Hasil analisis varian menunjukkan tikus betina bunting dan menyusui lebih banyak pada stadia padi generatif. Hal tersebut juga membuktikan bahwa perkembangbiakan tikus sawah lebih banyak pada periode padi stadia generatif (bunting hingga matang). Pada periode padi stadia vegetatif dan periode sawah bera, sangat jarang terjadi perkembangbiakan tikus sawah. Perkembangbiakan tikus yang terjadi pada padi stadia vegetatif dan periode sawah bera, diduga disebabkan oleh adanya padi yang tidak serempak tanam, penanaman varietas umur genjah, dan pertumbuhan ratun padi selama periode sawah bera.

Hasil tangkapan dengan metode empos-gali menunjukkan sebagian besar tikus betina yang dibedah pada padi stadia generatif juga dalam keadaan bunting (Gambar 3). Pada pembedahan tikus betina hasil tangkapan periode padi stadia vegetatif dan periode sawah bera tidak banyak ditemukan tikus yang bunting. Hal tersebut sejalan dengan penemuan sebelumnya bahwa perkembangbiakan tikus sawah terjadi pada padi periode generatif.

Tabel 1. Jumlah tikus betina bunting dan menyusui (berkembangbiak) pada padi stadia vegetatif, generatif, dan periode sawah bera.

Stadium pertumbuhan padi (n=14)	Persentase rata-rata tikus betina yang berkembangbiak
Vegetatif	3,97 a
Generatif	58,75 b
Bera	6,57 a

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT, sebelum dianalisis data ditransformasi ke $\sqrt{(x+1)}$



Gambar 3. Proporsi tikus betina bunting pada berbagai stadia tumbuh padi dan jumlah embrio yang dihasilkan dalam setiap periode kebuntingan.

Jumlah embrio yang dihasilkan oleh induk tikus betina bervariasi pada setiap periode kebuntingan. Terdapat kecenderungan menurunnya jumlah embrio setelah periode kebuntingan pertama. Jumlah embrio tertinggi dihasilkan oleh induk betina yang bunting pada periode stadia awal padi bunting sampai pengisian malai (bunting pertama) dengan rata-rata jumlah embrio $12,83 \pm 0,8$, pada kebuntingan kedua (padi matang) $11,49 \pm 1,1$ embrio, dan pada kebuntingan ketiga (panen/bera awal) $7,80 \pm 1,0$ embrio (Gambar 3).

Tersedianya pakan (padi) yang cukup dengan kualitas yang baik pada saat padi bunting dan awal pengisian malai merupakan faktor yang diduga kuat berpengaruh terhadap jumlah embrio yang dihasilkan oleh induk betina. Tikus-tikus muda yang melahirkan pertama kali akan menghasilkan embrio lebih banyak dibandingkan tikus betina yang lebih tua (Rahmini *et al.* 2003). Penurunan jumlah embrio juga disebabkan oleh terbatasnya pakan yang berkualitas, khususnya pada periode bera, dan tikus betina cenderung mengurangi jumlah anaknya menjadi lebih sedikit agar dapat bertahan hidup setelah dilahirkan. Tikus betina bunting dapat mengabsorpsi sebagian embrio yang dikandungnya apabila kondisi lingkungan kurang menguntungkan (Rahmini *et al.* 2003).

Berdasarkan pengambilan sampel hasil penggalian sarang tikus dengan metode empos-gali diketahui bahwa dari sebanyak 77 ekor induk betina yang melahirkan anak terdapat anak tikus 785 ekor. Jumlah anak yang dilahirkan bervariasi dari 4-16 ekor per induk betina, dengan rata-rata $10,14 \pm 4,5$ ekor anak setiap melahirkan. Jumlah anak tikus sawah 10-12 ekor juga dilaporkan oleh Murakami *et al.* (1992) dan Rochman & Sudarmaji (1997).

Frekuensi tikus betina melahirkan anak dapat diidentifikasi berdasarkan jumlah set plasenta scars. Plasenta scars merupakan bekas luka tempat menempelnya embrio pada uterus tikus betina berbentuk bintik merah, hitam, sampai kecoklatan. Berdasarkan hasil otopsi terhadap 164 ekor tikus betina dewasa yang pernah melahirkan diketahui proporsi populasi tikus betina di lapangan dengan satu set plasenta scar atau melahirkan satu kali mencapai 54,3%, dua kali melahirkan 34,8%, tiga kali melahirkan 10,4% dan empat kali melahirkan 0,6% (Gambar 4).

Potensi Pengandaan Populasi

Kelahiran tikus dalam satu musim tanam padi dapat terjadi sampai tiga kali, baik pada periode MK maupun MH (Gambar 5). Pada pertanaman padi unggul baru dengan rata-rata umur 120 hari, perkawinan tikus diper-

kirakan dimulai sejak padi stadia bertunas maksimum (*maximum tillering*). Tikus sawah bunting selama 21 hari dan dapat kawin lagi 48 jam setelah melahirkan (*post-partum oestrous*), sehingga selama satu musim tanaman padi dapat terjadi tiga kali kelahiran (Sudarmaji 2004).

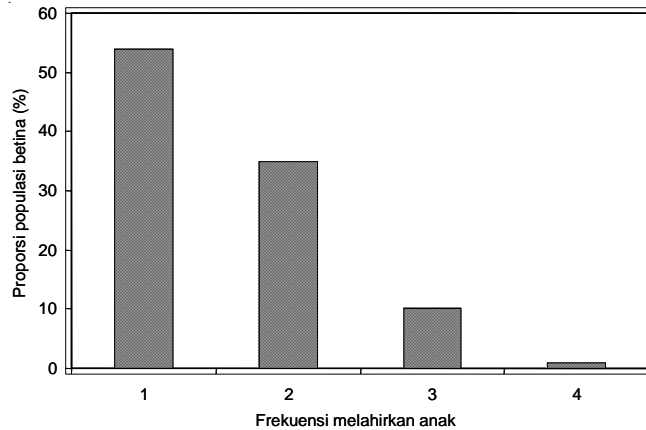
Berdasarkan kelahiran yang terjadi pada satu musim tanam dan banyaknya anak yang dilahirkan, dapat dihitung jumlah individu yang dihasilkan oleh satu ekor tikus betina. Tikus sawah menghasilkan anak rata-rata 10 ekor dalam satu kali kelahiran dengan nisbah kelamin

sama. Dalam satu musim tanam padi dapat terjadi tiga kali kelahiran dan menghasilkan 30 ekor tikus muda. Apabila dalam satu hamparan terjadi tanam tidak serempak maka terdapat keterlambatan panen lebih dari dua minggu, atau terdapat ratun padi pada periode sawah bera, sehingga tikus betina muda yang dilahirkan pertama kali dapat melahirkan anak. Lima ekor tikus betina muda dari kelahiran pertama akan melahirkan anak sebanyak 50 ekor, sehingga jumlah anak yang dihasilkan dari satu ekor induk betina dalam satu musim tanam padi diperkirakan mencapai 80 ekor (Gambar 5).

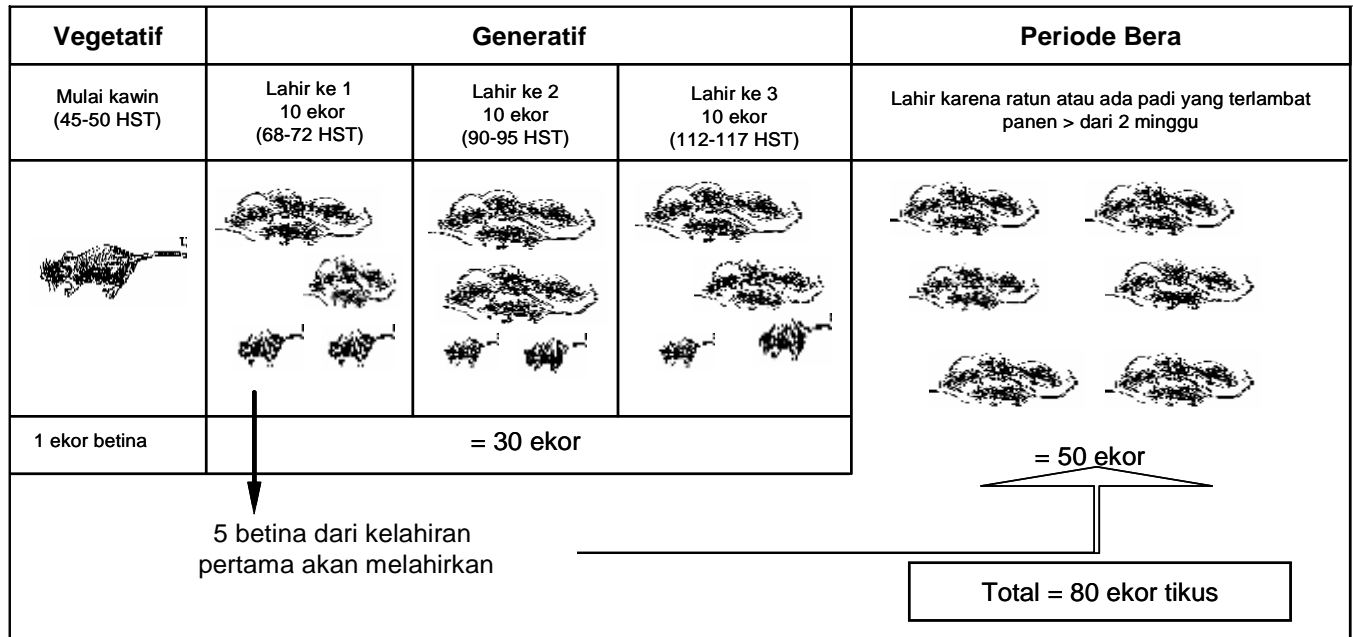
Implikasi untuk Pengendalian

Pengendalian tikus sawah dilakukan dengan pendekatan Pengendalian Hama secara Terpadu (PHTT), yaitu pengendalian yang didasarkan pada pemahaman ekologi tikus (Singleton *et al.* 2005; Sudarmaji dan Anggara 2006). Perkembangbiakan tikus sawah merupakan salah satu aspek penting yang perlu dipahami karena dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengendalian.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa populasi tikus sawah berkembang sangat cepat. Perkembangbiakan tikus terutama terjadi pada periode padi stadia generatif. Oleh karena itu, strategi yang dapat dilakukan adalah menurunkan tingkat populasi dengan cara mengendalikan pada awal tanam sebelum tikus



Gambar 4. Proporsi set plasenta scars hasil otopsi tikus betina yang pernah melahirkan.



Gambar 5. Potensi jumlah anak yang dapat dihasilkan oleh satu induk tikus sawah betina dalam satu musim tanam padi.

berkembangbiak (padi generatif). Berdasarkan perhitungan potensi penggandaan populasi, membunuh satu ekor tikus betina dewasa pada periode awal tanam setara dengan membunuh 80 ekor tikus setelah periode berkembangbiak (setelah panen). Oleh karena itu, penerapan strategi pengendalian tikus secara dini diharapkan dapat membantu mengatasi masalah tikus sawah.

Pengaturan pola tanam dan tanam padi secara serempak penting dilakukan untuk membatasi perkembangan tikus sawah. Pola tanam padi yang tidak serempak dan tidak teratur menyebabkan selalu tersedia padi stadia generatif sehingga dapat mendukung penggandaan populasi tikus melalui kelahiran secara terus-menerus. Hal tersebut sangat menyulitkan upaya pengendalian.

Perkembangbiakan tikus sawah pada ekosistem sawah irigasi terutama terjadi di habitat tanggul irigasi. Tikus sawah beranak dan membesarkan anaknya di dalam sarang dengan membuat lubang di dalam tanah. Habitat utama tikus sawah tersebut dapat dijadikan target utama untuk pengendalian. Pengendalian dapat dilakukan dengan penggalian sarang atau dengan emposan asap belerang pada periode padi stadia generatif. Penggunaan alat emposan dapat membunuh induk beserta anak-anak tikus di dalam sarang sehingga efektif mengurangi populasi tikus.

KESIMPULAN

1. Perkembangbiakan tikus sawah pada pertanaman padi terutama terjadi pada periode stadia padi generatif. Dalam satu musim tanam padi terjadi tiga kali kelahiran tikus dengan jumlah anak rata-rata 10 ekor setiap kelahiran.
2. Tempat perkembangbiakan tikus pada ekosistem sawah irigasi terutama berada di habitat tanggul irigasi.
3. Berdasarkan karakteristik perkembangbiakannya, pengendalian populasi tikus sawah disarankan secara dini (awal tanam) sebelum tikus berkembangbiak pada periode padi generatif. Habitat tanggul irigasi sebaiknya menjadi target utama kegiatan pengendalian. Menerapkan pola dan waktu tanam padi secara serempak dapat membatasi perkembangan tikus sawah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada saudara Jumanta, SP (alm), dan Tedi Purnawan yang telah membantu mengumpulkan data selama berlangsungnya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aplin, K.P., P.R. Brown, J. Jacob, C.J. Krebs, and G.R. Singleton. 2003. Field methods for rodent studies in Asia and Indo-Pacific. ACIAR Monograph. 100. 223p.
- Lam, Y.M. 1983. Reproduction in the rice field rat, *Rattus argentiventer*. Malaysian Nature 36, p.249-282.
- Leung, L.K.P. and Sudarmaji. 1999. Techniques for trapping the rice-field rat, *Rattus argentiventer*. Malayan Nature 53, p.323-333.
- Meehan, A.P. 1984. Rats and mice. their biology and control. Entokil Ltd. Felcourt East Grinsstead, West Sussex. 383p.
- Murakami, O., V.L.T. Kirana, J. Priyono, dan H. Tristiani. 1992. Tikus sawah. Laporan akhir kerja sama Indonesia-Jepang bidang perlindungan tanaman pangan (ATA-162). Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. Jakarta. 101 p.
- Nolte, D.L., J. Jacob, Sudarmaji, R. Hartono, N.A. Herawati, and A.W. Anggara. 2002. Demographics and burrow use of rice-field rats in Indonesia. Proc. 20th Vertebr. Pest Conf. R.M. Timm and R.H. Schmidt (Eds.). Univ. of Calif, Davis, p.75-85.
- Rahmini dan Sudarmaji. 1997. Penelitian variasi pakan tikus sawah pada berbagai stadia pertumbuhan tanaman padi. Prosiding III Seminar Nasional Biologi XV. Lampung, p.1525-1528.
- Rahmini, Sudarmaji, J. Jacob, and G.R. Singleton. 2003. The impact of age on breeding performance of female rice-field rats in West Java. In: G.R. Singleton, L.A. Hind., C.J. Krebs, and M.D. Spratt, (eds.). Rat, mice and people: Rodent biology and management. ACIAR Canberra, p.354-357.
- Rochman dan Sudarmaji. 1997. Pola reproduksi tikus sawah *Rattus argentiventer* Rob and Kloss pada ekosistem padi sawah. Prosiding III Seminar Nasional Biologi XV. Lampung, p.1534-1537.
- Singleton, G.R., Sudarmaji, J. Jacob, and C.J. Krebs. 2005. Integrated management to reduce rodent damage to lowland rice crops in Indonesia. Agriculture Ecosystems and Environment 107. p.75-82.
- Southwick, C.H. 1969. Reproduction, growth and mortality of murid rodent populations. Indian Rodent Symposium. p.152-176.
- Sudarmaji. 1990. Teknik fumigasi tikus sawah dengan phostoxin tablet, karbit, dan belerang. Kongres HPTI I, 8-10 Februari 1990 di Jakarta. 8 p.
- Sudarmaji. 2004. Dinamika populasi tikus sawah *Rattus argentiventer* di ekosistem sawah irigasi teknis dengan pola tanam padi-padi-bera. Disertasi Doktor Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 169 p.
- Sudarmaji. 2006. Pengendalian hama tikus secara terpadu di ekosistem sawah irigasi. Makalah seminar Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor, 12 Juli 2006. 16p.
- Sudarmaji, A. Hasanuddin, and M. Scuffins. 1996. Breeding and age structure of the ricefield rat (*R. argentiventer*) in West Java Indonesia. 2nd Project Planning Meeting Management of Rodent Pests in Southeast Asia. UPM Malaysia. 7 p.

- Sudarmaji dan A.W. Anggara. 2000. Migrasi musiman tikus sawah (*Rattus argentiventer*) pada daerah pola tanam padi-padi-bera di Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Biologi XVI. Bandung, p.173-177.
- Sudarmaji dan A.W. Anggara. 2006. Pengendalian tikus sawah dengan sistem bubu perangkap di ekosistem sawah irigasi. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 25:1. p.57-64.
- Sudarmaji dan N.A. Herawati. 2001. Metode sederhana pendugaan populasi tikus sebagai dasar pengendalian dini di ekosistem sawah irigasi. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 20:2. p.27-32.
- Sudarmaji, Rahmini, N.A. Herawati, dan A.W. Anggara. 2005. Perubahan musiman kerapatan populasi tikus sawah *Rattus argentiventer* di ekosistem sawah irigasi. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 24:5. p.119-125.
- Sudarmaji dan Rochman. 1997. Populasi tikus *Rattus argentiventer* di berbagai tipe habitat ekosistem padi sawah. Prosiding III Seminar Nasional Biologi XV. Lampung, p.1069-1073.
-