

**ANALISIS SPASIOTEMPORAL POPULASI LALAT SCIARID
PADA BUDIDAYA JAMUR TIRAM**

***SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF POPULATION OF SCIARID FLY
IN OYSTER MUSHROOM CULTURE***

Rostaman

Politeknik Pertanian Negeri Kupang, jalan Adisucipto Kupang NTT
email : rostamanos@yahoo.com

Agus Dana Permana, Tati S. Subahar, dan Soelaksono Sastrodihardjo
Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati ITB Bandung, jalan Ganesha 10 Bandung

Udjianna Pasaribu

Departemen Matematika FMIPA ITB Bandung, jalan Ganesha 10 Bandung

ABSTRACT

Sciarid fly (Bradysia ocellaris Comstock) population growth and its distribution in the mushroom house was studied. Insects were collected using sticky yellow traps laid on 21 stations in the house over 18 weeks. At the first time, insects population was low. After that, insect population grew and reached at a maximum level in the 8th week. In subsequent weeks, insect population fluctuated. In the other hand, insect population dispersal also occurred in the house. Based on spatiotemporal analysis using contour map and semivariogram analysis, insect population showed aggregation pattern, in a small group is called subpopulation. This was related to biological characters of insect such as eggs oviposition in mass and short flights.

Keywords : *Bradysia ocellaris, distribution, spatiotemporal analysis*

INTISARI

Penelitian pertumbuhan populasi lalat sciarid (*Bradysia ocellaris* Comstock) dan distribusinya di dalam kubung jamur telah dilakukan. Serangga dewasa dikoleksi menggunakan perangkap lekat kuning yang diletakkan pada 21 stasiun dalam kubung jamur, berlangsung selama 18 minggu. Pertama kali, populasi serangga rendah. Setelah itu, populasi serangga meningkat dan mencapai tingkat maksimum pada minggu ke-8. Pada minggu-minggu berikutnya, populasi serangga berfluktuasi. Di lain pihak, penyebaran populasi terjadi di dalam kubung tersebut. Berdasarkan analisis spasiotemporal menggunakan peta kontur dan analisis semivariogram, populasi serangga memperlihatkan pola mengelompok, dalam kelompok kecil yang disebut subpopulasi. Ini berkaitan dengan karakter biologis seperti telur yang diletakkan secara massal dan penerbangan yang pendek.

Kata kunci : *Bradysia ocellaris, distribusi, analisis spasiotemporal*

PENGANTAR

Di dalam agroekosistem, pengetahuan distribusi spasial dan temporal serangga hama adalah penting. Aspek yang perlu diketahui adalah pola pergerakan dan redistribusi serangga tersebut di dalam ekosistem itu. Pergerakan individu-individu antara dan dalam lingkungannya dapat menyumbang besarnya perubahan pada suatu titik dan juga proses kematian (Nestel & Klein, 1995). Oleh karena itu, pengetahuan tentang kepadatan serangga berubah dalam suatu waktu dan ruang merupakan unsur yang penting dalam perancangan pengambilan contoh dan skema manajemen, serta pemahaman dinamika populasi serangga hama (Brenner *et al.*, 1998).

Penentuan distribusi populasi dan tingkat kepadatan populasi serangga dapat dilakukan melalui pendekatan statistika dan geostatistika. Pada pendekatan statistika parameter yang menjadi ukuran adalah simpangan (σ^2) dan rata-rata (\bar{x}), sehingga melahirkan beberapa metode pengukuran seperti *Taylor Power law*, *Lloyd patchiness index* dan *Morisitas index* (Taylor, 1984; Nestel & Klein, 1995).

Metode-metode di atas mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah tidak dapat menjelaskan perbedaan pola spasial, dan deskripsi spasial sangat tergantung kepada ukuran unit contoh. Pendekatannya hanya dapat menggambarkan sifat populasi serangga tertentu. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih baik yaitu pendekatan geostatistika atau analisis

spasial (Liebhold *et al.*, 1993; Nestel & Klein, 1995; Liebhold & Sharov, 1998; Perry *et al.*, 2002). Pada pendekatan ini, parameter yang menjadi ukuran adalah nilai data lokasi, selain kedua parameter tersebut di atas.

Pendekatan geostatistika atau analisis spasial dapat menggambarkan lokasi data populasi serangga pada setiap tempat dan hubungan (korelasi dan independensi) di antara data-data yang ada. Nilai parameter lokasi yang umum digunakan adalah nilai semivariogram dan indeks Morans (Midgarden *et al.*, 1993; Nestel & Klein, 1995; Brenner *et al.*, 1998).

Semivariogram adalah suatu alat statistika yang dapat digunakan untuk menggambarkan dan memodelkan hubungan spasial antar peubah regional (Armstrong, 1998; Brenner *et al.*, 1998; Fortein *et al.*, 2002; Barnes, 2004). Analisis semivariogram bertujuan untuk mencari hubungan kesamaan (*similarity*) atau ketergantungan (*dependence*) dua atau lebih data populasi serangga yang berdekatan lokasinya. Populasi serangga yang berdekatan cenderung akan saling mempengaruhi satu sama lainnya. Lalat sciarid, *Bradysia ocellaris* Comstock tercatat sebagai serangga hama baru pada budidaya jamur tiram (Menzel *et al.*, 2003). Menurut Rostaman *et al.* (2005), serangga tersebut merupakan hama yang penting pada budidaya jamur tiram di Cisarua Bandung. Larvanya menyerang miselium dan tubuh buah jamur, menyebabkan produksi dan kualitas jamur menurun. Diketahui bahwa serangga dewasa berukuran kecil 1,7 ~ 3,2 mm, berwarna coklat kehitaman.

Tipe antenanya filiform, panjang 1,3 - 1,6 mm. Perkembangan serangga metamorfosa sempurna, ditempuh selama 16 ~ 26 hari.

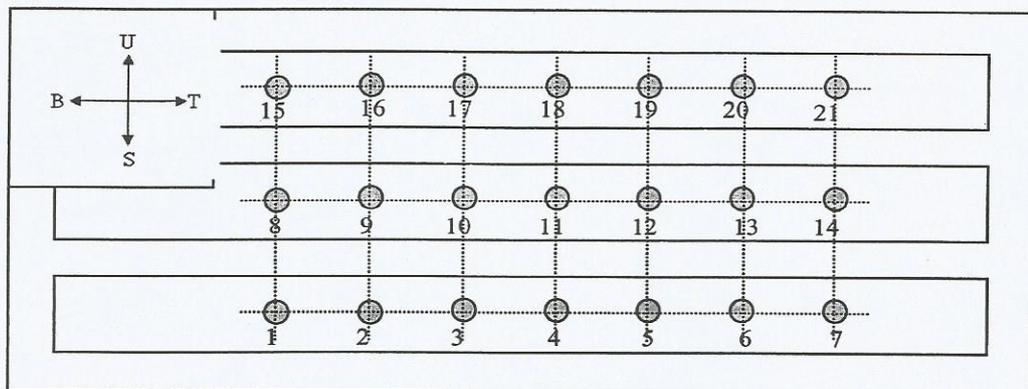
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan populasi lalat sciarid, *Bradysia ocellaris* dan distribusinya di dalam kubung jamur.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu. Penelitian dilakukan di dalam kubung jamur tiram di Kampung Cibadak, Kecamatan Cisarua Kabupaten Bandung. Kubung jamur berukuran 30 x 8 m. Di dalam kubung terdapat 3 baris rak, masing-masing tersusun 5 tingkat. Jumlah log jamur yang dapat dimuat dalam kubung tersebut sekitar 30 000 buah. Penelitian berlangsung pada bulan Juni ~ Oktober 2003.

Pengambilan Data. Pengamatan populasi lalat dilakukan dengan cara pemasangan perangkat lekat kuning (berukuran 21.3 x 14.8 cm) di dalam kubung jamur. Perangkat itu dipasangkan pada silinder plastik yang digantung. Ketinggian silinder dan perangkat dari permukaan tanah sekitar 150 cm dan 10~15 cm di atas log jamur yang disusun pada rak tingkat kedua. Jarak antar silinder plastik tempat perangkat terpasang, sama dengan jarak antar barisan rak log jamur, yaitu 2,75 meter. Banyaknya perangkat adalah 21 buah pada 21 stasiun (Gambar 1).

Penggantian perangkat dilakukan setiap minggu. Jumlah lalat sciarid yang tertangkap dihitung di bawah mikroskop binokuler. Data tersebut disusun berdasarkan waktu pengamatan (minggu).



Gambar 1. Penempatan perangkat lekat kuning dalam kubung jamur (jarak antar perangkat 2,75 meter).

Analisis Data. Data diolah dengan menggunakan program aplikasi. Pertumbuhan populasi lalat sciarid dianalisis melalui analisis temporal menggunakan program Excel, untuk memperoleh nilai simpangan (s^2) dan rata-rata (\bar{x}) serta grafik pola pertumbuhan.

Distribusi populasi lalat sciarid dalam ruang dan waktu dianalisis melalui analisis spasiotemporal menggunakan program Surfer v.6.04 (*Golden Software, Colorado*). Nilai x dan y mewakili koordinat posisi perangkat dalam kubung jamur (dinyatakan dalam meter) dan z adalah banyaknya lalat sciarid yang tertangkap, untuk setiap minggu. Dengan menginterpolasi nilai-nilai z , Surfer akan menghasilkan *grid* nilai yang padat (Brenner *et al.*, 1998; Trementerra & Sciarretta, 2004). *Grid* interpolasi yang diperoleh digunakan untuk menghasilkan peta kontur. Hal ini memperlihatkan konfigurasi permukaan melalui *isoline* (garis yang sama) yang menunjukkan nilai z yang sama.

Distribusi dan karakter populasi lalat sciarid dianalisis melalui analisis semivariogram atau semivariansi, dengan cara menghitung nilai semivariogram menggunakan Program S-Plus. Perhitungan nilai semivariogram mirip dengan simpangan yang dikenal sebelumnya, akan tetapi perhitungan semivariogram memperhatikan lokasi data. Misalkan $z(s_i)$ adalah nilai suatu peubah pada lokasi s_i dan $z(s_i+h)$ adalah nilai peubah yang sama pada lokasi yang berjarak h dari lokasi s_i , maka nilai semivariogram dapat dihitung dengan persamaan :

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(s_i + h) - z(s_i)]^2$$

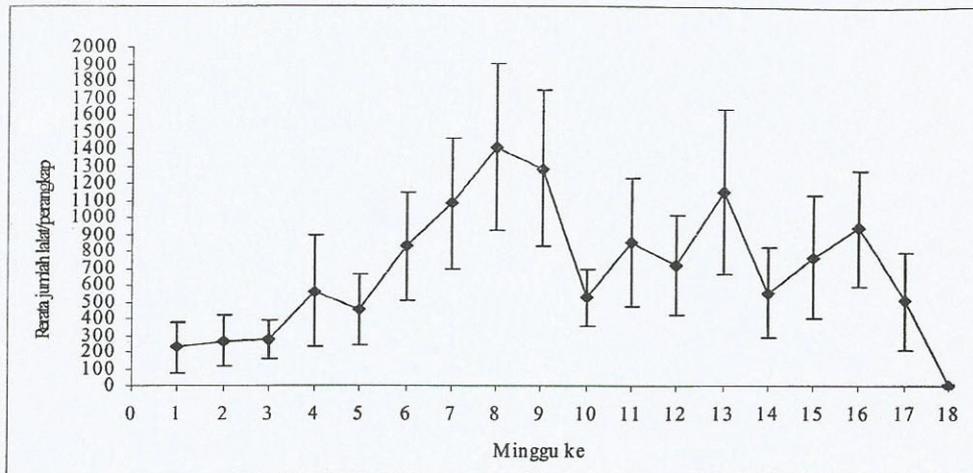
dengan : $N(h)$ merupakan banyaknya pasangan data yang berjarak h .

Nilai semivariogram hasil perhitungan diplotkan dalam suatu grafik. Selanjutnya, pencarian model semivariogram dilakukan secara manual (*visual*), yaitu dengan mengamati grafik semivariogram eksperimen dan mencocokkan dengan model teoritis untuk mencari nilai parameter C (*sill*) dan a (*range*, jarak), kemudian dilakukan validasi model dengan menguji galat hasil taksirannya, menggunakan program Matlab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Populasi Lalat Sciarid.

Pada saat awal pemasangan perangkat, rata-rata tingkat kepadatan populasi lalat sciarid sekitar 227 ± 156 ekor/perangkap (Gambar 2). Selanjutnya, populasi lalat sciarid meningkat terus. Peningkatan mulai terjadi pada minggu ke-5 dan berakhir pada minggu ke-8 dengan kepadatan populasi mencapai 1416 ± 490 ekor/perangkap atau sekitar 7 kali populasi awal. Pada periode tersebut, populasi lalat sciarid berasal dari dalam kubung (hasil reproduksi) dan dari luar kubung. Ini diketahui melalui pengamatan langsung terhadap serangga yang hidup pada log jamur di dalam kubung. Pada media dalam log jamur mudah ditemukan banyak larva, pupa dan serangga dewasa.



Gambar 2. Pertumbuhan populasi lalat *Bradysia ocellaris* dalam kubung jamur (Rataan \pm SD; N = 21).

Selanjutnya, populasi lalat sciarid menurun dengan tajam. Pada minggu ke-10, populasi lalat mencapai 527 ± 172 ekor/perangkap. Kemudian, pada minggu berikutnya populasi lalat meningkat kembali menjadi 853 ± 384 ekor/perangkap. Pada minggu ke-12, populasi lalat menurun, kemudian pada minggu ke-13 meningkat lagi mencapai 1148 ± 483 ekor/perangkap.

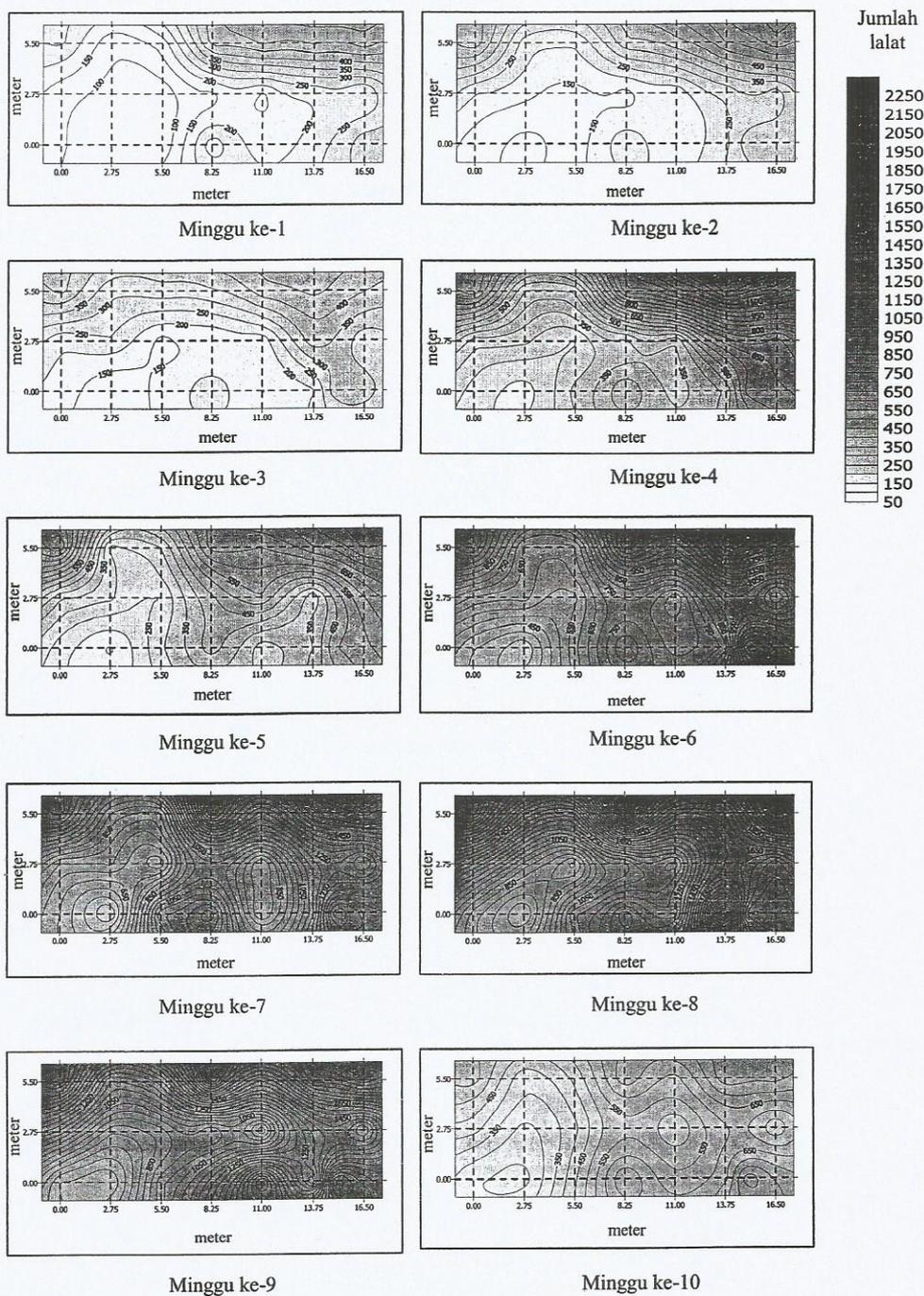
Populasi lalat sciarid menurun pada minggu ke-14. Selanjutnya populasi lalat sciarid tersebut meningkat lagi pada minggu ke-15 dan ke-16. Pada minggu ke-16, populasi lalat sciarid mencapai jumlah 932 ± 339 ekor/perangkap. Selanjutnya pada minggu ke-17, populasi lalat sciarid menurun tajam. Penurunan populasi pada minggu ke-18 disebabkan karena semua log media jamur yang ada di dalam kubung dibuang keluar. Hal ini menunjukkan bahwa ketiadaan makanan menyebabkan populasi lalat menghilang.

Distribusi Populasi Lalat Sciarid.

Di dalam kubung jamur, lalat sciarid berdistribusi ke seluruh areal (Gambar 3). Dinamika populasi lalat sciarid di dalam kubung dapat diamati dengan perubahan warna *grid* pada peta kontur. Warna yang lebih gelap menunjukkan kepadatan populasi yang tinggi. Pertumbuhan populasi lalat sciarid dari minggu ke minggu juga dapat diamati, sehingga nampak gambaran empat dimensi, yaitu tiga dimensi ruang dan satu dimensi waktu.

Pada minggu ke-1, populasi lalat sciarid terdistribusi ke semua lokasi dalam kubung. Jumlah lalat sciarid yang tercatat pada lokasi tersebut berbeda. Populasi lalat sciarid relatif lebih tinggi pada log-log jamur yang terdapat pada baris III (stasiun 18, 19, 20 dan 21).

Pada minggu-minggu berikutnya, populasi lalat sciarid terdistribusi ke areal lainnya, dengan adanya peningkatan populasi pada areal tersebut.



Gambar 3. Distribusi spasiotemporal lalat sciarid *Bradysia ocellaris* dalam kubung jamur (Interval kontur = 50 Individu).

Pada minggu ke-4, populasi lalat sciarid relatif tinggi, terutama pada lokasi timur laut (stasiun 13, 14, 18, 19, 20 dan 21). Fenomena ini terlihat jelas pada perubahan *grid* warna lokasi yang semakin gelap. Populasi lalat sciarid yang tinggi pada stasiun-stasiun tersebut disebabkan karena areal tersebut berdekatan dengan lokasi sumber serangga hama, yaitu di sebelah timur kubung. Tempat tersebut adalah pinggiran selokan tempat pembuangan limbah media. Sumber lainnya adalah kubung yang memuat log media berbagai umur, yang letaknya sebelah utara kubung penelitian. Populasi lalat sciarid selalu ada sepanjang musim di tempat tersebut.

Pada minggu ke-4 itu, populasi lalat yang tinggi juga terdapat pada stasiun 15. Pada minggu ke-5, populasi lalat sciarid menurun, tetapi distribusinya hampir merata ke seluruh areal kubung. Pada minggu-minggu berikutnya, populasi lalat sciarid meningkat secara tajam. Peningkatan populasi yang nyata pada areal tertentu terjadi pada minggu ke-6 dan ke-7. Hal ini terlihat dengan adanya warna biru yang gelap pada areal tersebut. Pada minggu ke-6 dan ke-7 itu, terdapat 5 areal yang warnanya lebih gelap, populasi lalat sciarid di areal itu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan areal lainnya.

Populasi lalat sciarid mencapai puncaknya pada minggu ke-8. Pada saat itu terdapat empat areal yang menunjukkan populasi yang sangat tinggi (maksimum). Jumlah lalat sciarid mencapai 2250 ekor/perangkap. Pada minggu ke-9 populasi lalat sciarid

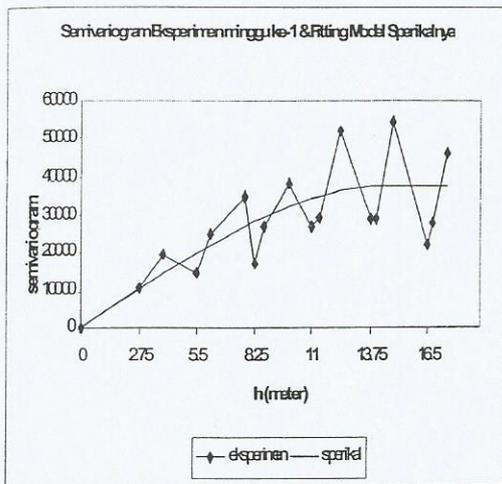
mengalami penurunan tetapi relatif tinggi. Banyaknya individu lalat sciarid sekitar 2055 ekor/perangkap. Terdapat lima areal yang menunjukkan populasi lalat sciarid tinggi, ditandai dengan warna yang paling gelap pada areal tersebut. Distribusi populasi lalat sciarid pada minggu ke-10 relatif merata.

Analisis Semivariogram. Secara umum, besar nilai semivariogram populasi lalat sciarid sejalan dengan semakin jauh dari titik asal (nol) dan mencapai maksimum pada jarak h meter. Pada jarak yang lebih jauh, nilai semivariogram bervariasi. Model semivariogram yang diperoleh adalah model sferikal (*spherical model*), dengan persamaan :

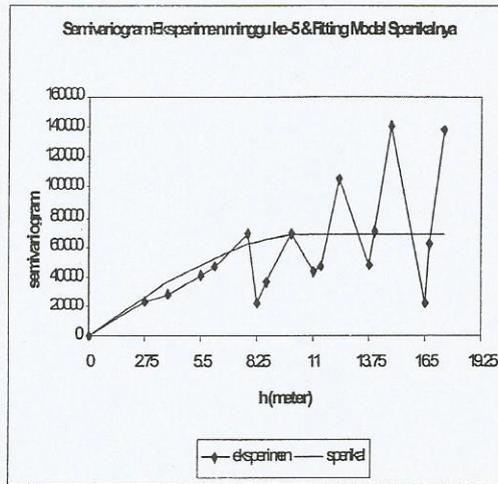
$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left(\frac{3}{2} \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) & 0 \leq h \leq a \\ C & h > a \end{cases}$$

dimana : $C = sill$, $h = jarak$, dan $a = range$, jarak

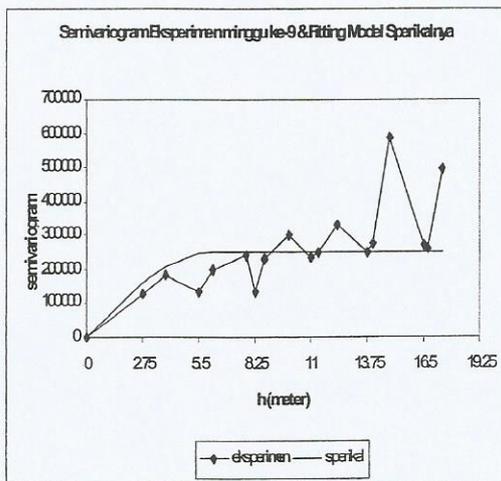
Berdasarkan model tersebut, diperoleh nilai parameter C dan a . Nilai C adalah suatu nilai semivariogram pada suatu pengamatan. Nilai a adalah jarak pada saat nilai C tersebut diperoleh. Nilai-nilai C dan a tersebut terdapat pada Tabel 1. Grafik semivariogram pada 4 minggu pengamatan terpilih terdapat pada Gambar 4.



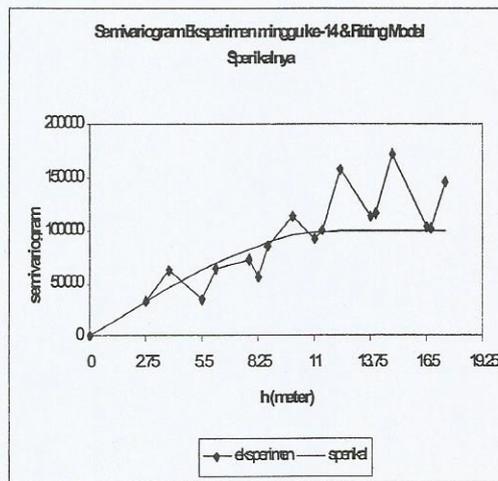
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4 Grafik Semivariogram Populasi Lalat *Bradysia ocellaris*.
 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-5, (c) minggu ke-9, (d) minggu ke-14

Nilai antara 0 (nol) sampai a merupakan wilayah pengaruh. Hal ini mengandung pengertian bahwa jumlah individu suatu populasi atau subpopulasi lalat sciarid yang berada pada suatu areal di dalam kubung dipengaruhi oleh subpopulasi, yang berada di dekatnya yang berjarak 0 sampai a meter. Subpopulasi pada suatu lokasi tidak dapat dipengaruhi oleh subpopulasi lainnya, jika jaraknya melebihi titik a . Jadi, pada jarak $h > a$ sudah tidak ada saling pengaruh antar subpopulasi yang ada. Nilai a yang merupakan nilai tertinggi pada wilayah pengaruh tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan, ternyata nilai a tersebut bervariasi pada setiap pengamatan (minggu) dan nilainya berkisar antara 5,93–15,5 meter (rata-rata 10,39 meter).

Pada minggu ke-1, nilai a adalah 14,84; artinya jumlah individu suatu subpopulasi lalat yang berada pada suatu lokasi dapat dipengaruhi oleh subpopulasi lainnya dalam jarak 0 -14,84 meter. Pada saat tersebut, populasi lalat menyebar hampir merata. Kejadian yang sama dapat terjadi pada minggu ke-2 dan ke-3. Pada periode tersebut serangga yang datang berasal dari luar kubung dan bukan dari dalam kubung, karena pada saat tersebut lalat sciarid belum muncul. Lalat sciarid baru akan muncul setelah serangga berkembang selama 3 minggu sejak telur diletakkan oleh lalat sciarid betina. Di sini, parameter a tidak dapat menjelaskan fenomena biologis, sama halnya seperti pada kasus minggu ke-1. Fenomena biologis adalah perkembangan dan pertumbuhan populasi serangga itu sendiri.

Pengaruh adanya peningkatan populasi lalat sciarid baru dapat dijelaskan untuk pengamatan minggu ke-4 dan seterusnya. Pada saat tersebut, populasi lalat yang berasal dari hasil reproduksi di dalam kubung sudah muncul. Hal ini disebabkan karena telur yang diletakkan oleh lalat betina telah berkembang menjadi lalat dewasa pada minggu ke-4 tersebut.

Pada minggu ke-4 dan selanjutnya, model semivariogram sudah dapat digunakan sebagai alat untuk analisis spasial populasi lalat sciarid di dalam kubung tersebut. Hal ini disebabkan karena populasi lalat yang ada pada periode tersebut merupakan populasi campuran, yaitu populasi yang berasal dari dalam kubung (hasil reproduksi) dan populasi yang datang dari luar kubung.

Walaupun galat taksiran dibuat secara minimal, ternyata model sperikal tidak dapat digunakan sepenuhnya untuk analisis spasial semua pengamatan mingguan. Hal ini disebabkan karena adanya nilai semivariogram pada lokasi tertentu (h) lebih kecil dari nilai C , padahal lokasi itu terletak di atas jarak ($h > a$). Sebagai contoh, pada minggu ke-5 (Gambar 4) nilai semivariogram $\tilde{a}(h=16,5 \text{ meter}) = 22.071,67$ jauh lebih kecil dari nilai C pada model yaitu 67.835,75 (Tabel 1). Seharusnya, nilai $\tilde{a}(h > a) @ C$. Ketidak-konsistenan (*inconsistency*) terhadap model tersebut merupakan fenomena biologis, yaitu adanya perubahan distribusi dan populasi lalat sciarid dalam kubung.

Tabel 1. Nilai Parameter Semivariogram dan Simpangan Populasi Lalat *Bradysia ocellaris*

Minggu ke-	parameter		Simpangan (X)	Minggu ke-	parameter		Simpangan (X)
	a (range)	C (sill)			a (range)	C (sill)	
1	14,84	37.968,00	24.190,79	10	10,50	42.051,67	29.724,19
2	15,50	34.075,00	22.992,65	11	10,18	206.546,44	147.550,10
3	11,72	20.277,00	12.993,16	12	7,13	114.100,33	87.172,25
4	14,06	102.647,00	108.895,80	13	10,01	310.892,44	233.626,50
5	10,55	67.835,75	45.022,46	14	12,50	100.378,67	73.100,25
6	9,50	149.725,00	103.089,20	15	9,68	188.014,25	129.690,80
7	7,22	199.350,00	148.740,10	16	10,96	114.764,40	114.764,40
8	6,87	280.400,00	240.475,00	17	9,53	101.604,63	82.183,69
9	5,93	248.322,60	209.048,40	Rataan	10,39		

Di dalam kubung jamur, lalat sciarid berkembang biak dengan cepat. Pertumbuhan populasi lalat tersebut ditunjukkan dengan laju reproduksi bersih yang relatif tinggi (23 individu tiap individu) dan laju peningkatan populasi yang tinggi pula (0,16 individu tiap hari), dengan waktu perkembangan yang relatif singkat (3 minggu) (Rostaman, 2005). Perkembangbiakan yang demikian cepat itu tiada lain adalah wujud dari eksploitasi sumber daya makanan yang keberadaannya terbatas menurut waktu. Pada saat eksploitasi makanan tersebut, larva banyak memakan miselium. Pada kasus populasi larva yang tinggi pada media jamur, larva akan menyerang tubuh buah jamur. Jadi, tubuh buah jamur merupakan makanan alternatif.

Analisis temporal hanya dapat mengungkapkan pola pertumbuhan populasi lalat sciarid. Analisis tersebut tidak dapat mengungkap pola penyebaran populasi lalat pada kubung jamur. Nampaknya, analisis spasiotemporal dan

analisis semivariogram dapat menjawab permasalahan tersebut.

Pola penyebaran lalat sciarid di dalam kubung dapat dilihat pada peta kontur. Misalkan, pada minggu ke-1 sampai dengan ke-3, nampak *grid* warna yang lebih padat pada areal timur laut dibandingkan dengan areal sekitarnya. Ini menunjukkan bahwa terjadi permulaan kehadiran lalat sciarid di areal tersebut. Diketahui bahwa lalat sciarid memilih lokasi media yang paling dekat dengan tempat perkembangbiakan. Pemilihan lokasi ini berkaitan dengan efisiensi energi. Pernyataan ini didukung oleh pendapat Rankin & Burchsted (1992), yaitu serangga akan menggunakan energi metabolit sedikit mungkin untuk memperoleh habitat tempat makanannya. Energi yang ada akan digunakan untuk tujuan reproduksi.

Pada minggu-minggu berikutnya, populasi lalat sciarid berdistribusi ke areal sekitarnya yang berdekatan di dalam kubung jamur, dengan tujuan untuk

mencari pasangannya (reproduksi) dan juga mencari sumber makanan. Akibat dari perpindahan serangga dan perkembangan (hasil reproduksi) serangga dapat menyebabkan populasi yang baru pada suatu areal (atau lokalisasi) sehingga terbentuk *deme* atau subpopulasi. Hal ini ditunjukkan dengan jelas oleh perubahan *grid* pada peta kontur.

Terbentuknya subpopulasi lalat sciarid dapat dijelaskan dengan analisis semivariogram. Pada grafik semivariogram, nilai semivariogram berawal dari titik nol. Ini menunjukkan bahwa serangga mempunyai sifat mengelompok. Pada grafik semivariogram tersebut, dapat ditemukan adanya “pengaruh lubang” (*hole effect*). Ini menunjukkan terbentuknya beberapa subpopulasi lalat sciarid di dalam kubung jamur. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Armstrong (1997), Radeloff *et al.* (2002) dan Bez (2004)

Pada kasus di atas, terbentuknya subpopulasi berkaitan erat dengan karakter biologi lalat sciarid. Karakter tersebut di antaranya adalah telur serangga diletakkan secara berkelompok dan aktivitas penerbangan serangga yang pendek (Rostaman, 2005).

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa analisis spasiotemporal dengan penggunaan peta kontur dan analisis semivariogram dapat menjelaskan adanya pola distribusi populasi serangga dan pembentukan subpopulasi pada populasi di dalam kubung jamur.

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian penelitian Disertasi penulis pertama dan juga penelitian Hibah Bersaing XI Dikti (2003-2004). Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Pimpinan Proyek Peningkatan Pendidikan Tinggi Dikti Jakarta atas hibah penelitian, Sdr Romadoni (mantan mahasiswa S1 Departemen Matematika ITB Bandung) atas pengolahan data, Bapak Dr Dudung MH (staf Departemen Geodesi ITB) atas pembimbingan pembuatan peta kontur.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, M. 1998. *Basic Linear Geostatistics*. Berlin: Springer Verlag.
- Barnes, R. 2004. Variogram tutorial. Golden software, Inc. Colorado. <http://www.goldensoftware.com/variogramTutorial.pdf>, 25 Jan 2005
- Bez, N. 2004. On some variogram habits inappropriate for covariogram. http://cg.enscm.fr/~aug/white_noise_and_hole_effect.doc; 25 Jan 2005
- Brenner, R.J., D.A. Focks, R.T. Arbogast, D.K. Weaver & D. Shuman. 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *Amer Entomol* : 79-101
- Fortein, M.J., M.R. T. Dale & J. Verhoef. 2002. Spatial ecology, p.2051-2058. In A.H. El-Shaarawi & W.W. Piegorsch (eds.), *Encyclopedia of Environmetrics IV*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester.

- Liebhold, A.M., R.E. Rossi & W.P. Kemp. 1993. Geostatistics and geographical information systems in applied insect ecology. *Enviro Entomol* 38 : 303-327
- Liebhold, A.M. & A.A. Sharov. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data, p. 111-117. In J. Baumgartner, P. Brandmayr & B.F.J. Manly (eds.), *Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation*. Balkema. Rottendam
- Nestel, D. & M. Klein. 1995. Geostatistical analysis of leafhopper (Homoptera : Cicadellidae) colonization and spread in deciduous orchards. *Enviro Entomol* 24 : 1032-1039
- Menzel, F., J.E. Smith & N.B. Calauto. 2003. *Bradysia difformis* Frey and *Bradysia ocellaris* Comstock : two additional neotropical species of black fungus gnat (Diptera : Sciaridae) of economic importance : a redescription and review. *Ann Entomol Soc Am* 96: 448-457.
- Midgarden, D.G., R.R. Youngman & S.J. Fleischer. 1993. Spatial analysis of counts of Western corn rootworm (Coleoptera : Chrysomellidae) adults on yellow sticky trap: geostatistical and dispersion indices. *Environ Entomol* 22 : 1124-1133
- Perry, J.N., A.M. Liebhold, M.S. Rossenberg, J. Dungan, M. Miriti, A. Jakomulsska & S. Citron-Pousty. 2002. Illustration and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25: 578-600
- Radeloff, V.C., T.F. Miller, H.S. He & D.J. Mladenoff. 2002. Periodicity in spatial data and geostatistical models: autocorrelation between patches. *Ecography* 23: 81-91
- Rankin, M.A., J.C.A. Burchsted. 1992. The cost of migration in insects. *Annu Rev Entomol* 37 : 533-559.
- Rostaman, 2005. Dinamika populasi lalat sciarid (Diptera : Sciaridae) pada budidaya jamur tiram. Disertasi ITB Bandung.
- Rostaman, A.D. Permana, T.S. Subahar & S. Sastrodihardjo. 2005. Biologi lalat sciarid, *Bradysia ocellaris* (Diptera : Sciaridae), serangga hama pada pertanaman jamur tiram. JPTI (*in proof*).
- Taylor, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. *Annu Rev Entomol* 29:321-357
- Trematerra, P. & A. Sciarreta. 2004. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatiotemporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *J Stored Prod Res* 40: 363-372.