

ANALISIS SENSITIVITAS TERHADAP PENGARUH KONFLIK YANG TERJADI PADA KOLONI SEMUT

Irma Aryani, Rahmi

Universitas Abulyatama

E-mail: irmaaryani_pmtk@abulyatama.com

ABSTRAK

Konflik yang terjadi dalam koloni semut merupakan salah satu karakteristik kehipunan pada serangga sosial. Konflik yang terjadi dalam koloni berupa Kompetisi antara anggota koloni, seperti kompetisi jantan-jantan pada semut *Cardiocondyla obscurior* dalam perebutan hak mengawini ratu, dan kompetisi betina-betina pada semut *Leptothorax acervorum* dalam perebutan hak reproduksi. Model matematika dibangun berdasarkan fenomena yang menarik yang terjadi pada semut ini, dengan membagi populasi semut menjadi tiga kompartemen, yaitu jantan tua, jantan muda, dan pekerja pada populasi *Cardiocondyla obscurior*, dan gyne, pekerja, dan jantan pada populasi *Leptothorax acervorum*. Simulasi numerik dan analisis sensitivitas pengaruh konflik terhadap keberlangsungan hidup anggota koloni menunjukkan bahwa tingkat kompetisi tertentu tetap diperlukan untuk mempertahankan tingkat koeksistensi dalam koloni.

Kata Kunci: *Cardiocondyla obscurior*, *Leptothorax acervorum*, kompetisi, model matematika

PENDAHULUAN

Semut merupakan serangga yang termasuk dalam ordo *Hymenoptera* yang memiliki karakteristik kehidupan sosial, seperti pembagian kelas, keharmonisan yang muncul, serta konflik yang terjadi dalam koloni semut (Trettin, J., et.al, 2011; Cremer, S., et.al, 2012). Tiap koloni terdiri dari ratu, pekerja, dan jantan, di mana ratu memiliki kekuasaan tertinggi dalam koloni (Trettin, J., et.al, 2011; Kühbandner, S., et. al., 2014; Friend, LA., and Bourke, AFG, 2014).

Konflik atau kompetisi yang terjadi dalam sarang juga memiliki peran penting dalam keberlangsungan koloni semut. Misalnya, kompetisi terjadi karena perebutan hak untuk mengawini ratu, seperti yang terjadi pada semut *Cardiocondyla obscurior*, atau perebutan hak untuk bereproduksi, seperti yang terjadi pada

semut *Leptothorax acervorum* (Trettin, J., et.al, 2011; Cremer, S., et.al, 2012).

Cardiocondyla obscurior merupakan jenis semut yang memiliki ukuran koloni yang kecil, yaitu ~20-50 pekerja dan 1-5 ratu perkoloni. Lifetime ratu singkat yaitu 26 minggu dan lifetime pekerja 15 minggu (Heinze J, & Schrempf A, 2012). Dalam riset Frohshammer S dan Heinze (2009), selama hidupnya bereproduksi kurang dari lima kali reproduksi, 39 ratu menghasilkan 127 jantan dan 1193 betina, dan 37 ratu menghasilkan 253 jantan dan 314 betina.

Pada semut *Cardiocondyla obscurior*, kompetisi jantan-jantan yang bergantung pada usia menentukan yang paling berkuasa di dalam koloni, sehingga mereka berhak mengawini ratu. Jantan pada semut ini terdiri dari jantan bersayap dan jantan tidak bersayap, disebut "ergatoid". Jantan bersayap dan jantan ergatoid

memiliki perbedaan yang mencolok, baik morfologinya maupun perilakunya (Cremer S., et.al., 2012). Jantan bersayap hidup di koloni induknya selama 10 hari setelah eclosin, setelah itu akan membubarkan diri dari sarang induknya. Sebelum bubar dari koloni, ada kemungkinan juga mengawini ratu di sarangnya (Cremer, S., et.al, 2008).

Berdasarkan riset Cremer, S. (2012), menemukan bahwa jantan ergatoid tua memenangkan perkeltahan melawan jantan ergatoid yang berumur kurang dari dua hari setelah eclosin. Jantan ergatoid tua secara konsisten memenangkan perkeltahan melawan jantan yang berumur kurang atau sama dengan dari 2 hari setelah eclosin. Jantan ergatoid muda akan mendapatkan keuntungan dengan menyembunyikan identitas mereka dari yang lebih tua, karena sangat rentan selama dua hari setelah eclosin. Jantan ergatoid muda hampir tidak menunjukkan perkeltahan antar sesama.

Leptothorax acervorum memiliki ukuran koloni yang kecil dengan anggota koloni terdiri dari ratu, betina yang belum ditentukan status reproduksi (gyne), pekerja, dan jantan. Setiap koloni memiliki jumlah pekerja 12-157 ekor, 4-16 gyne, dan satu sampai beberapa ratu perkoloni (Heinze, J, and Ortius, D, 1991), dan Bernadou, J., et.al (2016) menyebutkan ukuran koloni bervariasi antara 12-282 semut pekerja. Koloni Semut ini terdiri dari koloni pologini (yaitu, beberapa ratu yang dapat bereproduksi dalam sarangnya) dan

koloni monogini (yaitu hanya satu ratu yang boleh bereproduksi).

Dalam koloni poligini, beberapa ratu bereproduksi dan tidak menunjukkan permusuhan terang-terangan. Sedangkan pada koloni monogini, menunjukkan adanya kompetisi dalam perebutan hak untuk reproduksi (Heinze, J, and Ortius, D, 1991; Trettin, J, 2011, 2015). Kompetisi yang mematikan ini terjadi baik sesama gyne maupun gyne dengan pekerja. Perkeltahan antar gyne biasanya terlibat dalam perilaku yang dominan, seperti tinju antena, menarik atau mengigit antena dan kaki. Sedangkan perilaku pekerja terhadap gyne berupa perilaku antagonis dan perilaku sociopositif (Trettin, J., et.al, 2011; Gill, R., and Hammond, R., 2011).

Ratu ditetapkan dari perilaku yang paling dominan dalam perebutan kekuasaan atau sedikit mendapat penyerangan. Pekerja dapat memperkuat kekuasaan ratu yang dominan dengan memberi makanan istimewa dan pengurusan kepada ratu (Trettin, J., et.al, 2011).

Interaksi sosial dan kompetisi yang terjadi hebat pada semut *Cardiocondyla obscurior* dan *Leptothorax acervorum* merupakan fenomena menarik yang terjadi di alam. Kompetisi-kompetisi yang mematikan bahkan menyebabkan pengusiran dari koloni, dapat menentukan semut yang paling berkuasa dan yang mendominasi di dalam koloni. Selain itu, tingkat kelahiran dan lifetime dari kedua jenis semut ini kecil, bahkan semut *Leptothorax acervorum* terancam

punah. Dari fenomena yang terjadi di koloni semut *Cardiocondyla obscurior* dan *Leptothorax acervorum*, akan dibangun model yang menggambarkan kondisi kedua jenis semut ini dan juga akan dianalisis sensitivitas parameter pengaruh kompetisi terhadap populasi anggota koloni.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *Library research*, yaitu mempelajari dan menganalisa literatur yang relevan, yaitu jurnal-jurnal, artikel-artikel, dan buku-buku yang berhubungan dengan semut *Leptothorax acervorum* atau data-data yang diperlukan untuk membangun model, dan akan simulasikan menggunakan software maple sehingga dapat diperoleh jawaban yang dapat dipertanggungjawabkan dari permasalahan yang telah dirumuskan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Model Matematika

Model matematika berdasarkan kondisi real dari kehidupan sosial semut *Cardiocondyla obscurior* dan *Leptothorax acervorum* di dalam koloni, dapat digambarkan dari persamaan berikut:

$$\frac{dx}{dt} = \beta y - \phi_1 xy - \phi_2 x^2 - \gamma x - \eta_1 x$$

$$\frac{dy}{dt} = \alpha A - \beta y - \phi_3 xy - \eta_2 y$$

$$\frac{dz}{dt} = (1 - \alpha)A - \eta_3 z$$

dimana parameter β laju transisi, $\phi_{1,2,3}$ laju pengaruh kompetisi, γ laju keluar dari koloni, $\eta_{1,2,3}$ laju kematian

natural, A kelahiran dari ratu, dan α proporsi kelahiran untuk y . Kasus semut *Cardiocondyla obscurior*: $\phi_1 = \eta_2 = 0$, jantan tua x , jantan muda y dan pekerja z . Sedangkan kasus semut *Leptothorax acervoru*: gyne x , pekerja y , dan jantan z .

Titik kesetimbangan dari persamaan (1)

$$\left\{ x > 0, y = \frac{\alpha A}{\beta + \phi_3 x + \eta_2}, z = \frac{(1 - \alpha)A}{\eta_3} \right\},$$

di mana x akar dari polinom

$$\phi_2 \phi_3 x^3 + (\phi_3 \gamma + \phi_2 \beta + \phi_2 \eta_2 + \phi_3 \eta_1) x^2 + (\phi_1 \alpha A + \gamma (\beta + \eta_2) + \eta_1 \eta_2 + \eta_1 \beta) x - \alpha \beta A = 0,$$

dan titik kesetimbangan dapat ditunjukkan unik dan stabil koeksistensi.

2. Analisis Sentivitas

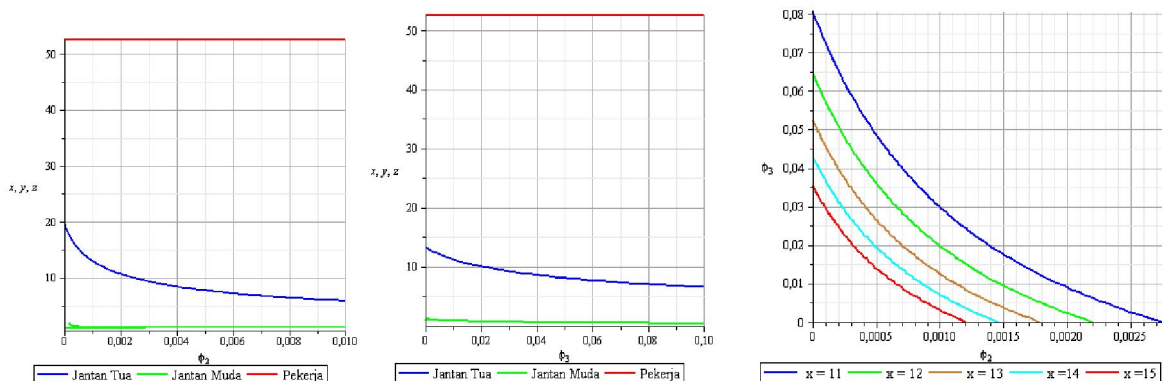
Pertama, akan dianalisis perubahan parameter pengaruh kompetisi antar anggota koloni semut *Cardiocondyla obscurior* dan *Leptothorax acervorum* terhadap perubahan titik kesetimbangan pada waktu tertentu. Selanjutnya analisis sentivitas parameter pengaruh kompetisi, yaitu dengan melihat variasi nilai parameter pengaruh kompetisi terhadap nilai parameter yang lain.

Kasus semut *Cardiocondyla obscurior*, analisis sensitivitas pertama dilakukan terhadap perubahan nilai parameter ϕ_2 dan ϕ_3 terhadap populasi kesetimbangan yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Dari Gambar 1 dan Gambar 2, perubahan ϕ_2 dan ϕ_3 tidak berpengaruh terhadap populasi perkerja. Namun, perubahan nilai ϕ_2 memberikan pengaruh yang signifikan

pada populasi jantan tua dibandingkan nilai ϕ_3 . Selain itu, dapat dilihat bahwa jika nilai ϕ_3 meningkat maka populasi jantan muda dan jantan tua menurun. Hal ini disebabkan kompetisi antara jantan muda dan jantan tua meningkat sehingga peluang mati jantan muda juga meningkat. Akibatnya jantan muda yang mencapai usia dewasa lebih sedikit, artinya populasi jantan tua menurun. Penurunan kompetisi antara jantan tua dengan jantan muda, dikarenakan jantan yang baru setelah eclosin tidak cukup aktif, atau populasi jantan tua yang cukup besar sehingga perhatian mereka hanya berkompeting sesama untuk mengawini ratu (Cremer S., et.al., 2012)

Selanjutnya akan dilihat pengaruh nilai parameter ϕ_2 dan ϕ_3 terhadap perubahan populasi kesetimbangan jantan tua (x) yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin menurun nilai parameter ϕ_2 dan ϕ_3 maka populasi kesetimbangan jantan tua semakin meningkat. Akan tetapi perubahan ϕ_2 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap populasi jantan tua (x) dibandingkan dengan perubahan ϕ_3 . Hal ini berarti pengaruh kompetisi antar jantan tua memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap populasi jantan tua dibandingkan pengaruh kompetisi antara jantan tua dengan jantan muda.



Gambar 1. Perubahan nilai ϕ_2 **Gambar 2.** Perubahan nilai ϕ_3 **Gambar 3.** Pengaruh ϕ_2 dan ϕ_3

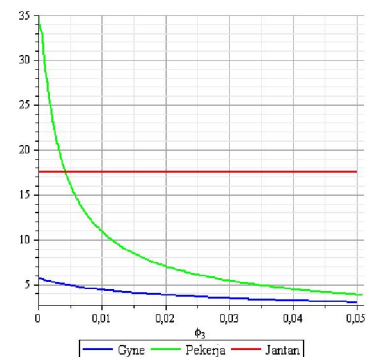
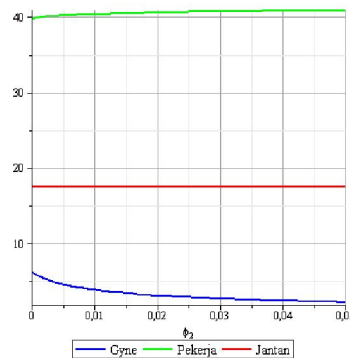
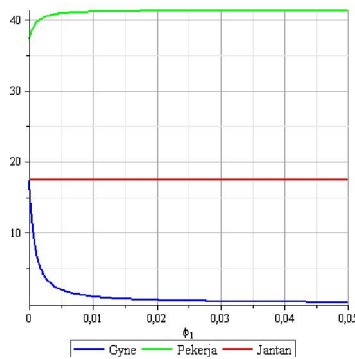
Kasus semut *Leptothorax acervorum*, analisis sensitivitas pertama dilakukan perubahan nilai parameter ϕ_1, ϕ_2 , dan ϕ_3 yang kemudian akan dilihat pengaruh terhadap populasi kesetimbangan. Hasil numeriknya ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai parameter pengaruh kompetisi antara pekerja dan gyne terhadap gyne (ϕ_1) dibandingkan

dengan nilai parameter pengaruh kompetisi lainnya, memberikan pengaruh signifikan terhadap populasi gyne. Hal ini menunjukkan bahwa pekerja berperan penting dalam penentuan gyne yang akan menjadi ratu. Begitu juga dengan perubahan nilai ϕ_2 , semakin meningkat kompetisi antar gyne maka populasi kesetimbangan gyne semakin menurun. Untuk nilai ϕ_3 , memberikan pengaruh yang signifikan terhadap populasi

pekerja daripada populasi gyne. Ketika nilai ϕ_3 naik, populasi pekerja

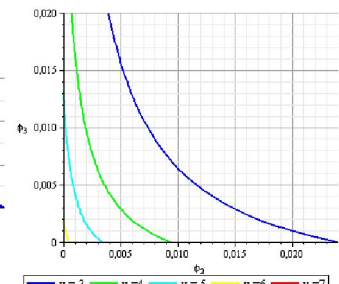
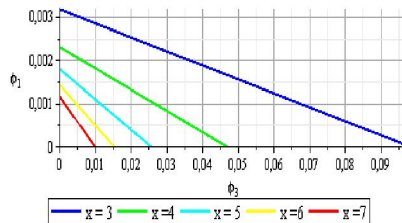
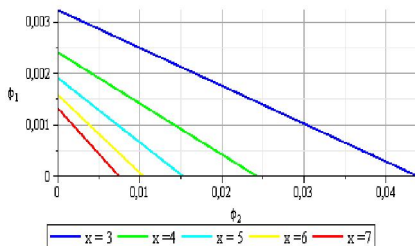
menurun secara monoton.



Gambar 4. Perubahan nilai ϕ_1 **Gambar 5.** Perubahan nilai ϕ_2 **Gambar 6.** Perubahan nilai ϕ_3

Selanjutnya akan dilihat pengaruh nilai parameter ϕ_1 dan ϕ_2 , ϕ_1 dan ϕ_3 , ϕ_2 dan ϕ_3 terhadap perubahan populasi kesetimbangan gyne(x) yang ditunjukkan pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, **Gambar 9**. Dari gambar dapat dilihat bahwa perubahan populasi gyne lebih cepat dipengaruhi oleh nilai ϕ_1 dibandingkan nilai ϕ_2 dan ϕ_3 .

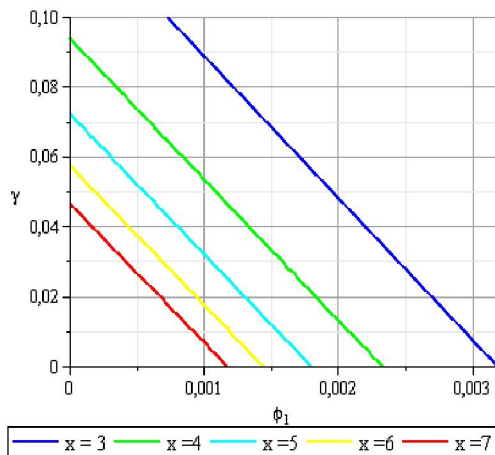
Karena kematian gyne banyak disebabkan keagresifan pekerja daripada pengaruh kompetisi antar gyne. Gyne yang mendapat peringkat tertinggi ditentukan oleh sifat dominan dari kompetisi antar gyne. Kemudian pekerja akan menyerang gyne yang menyebabkan kematian gyne dan pengusiran dari kolon (Trettin J., et.al., 2011).



Gambar 7. Perubahan ϕ_1 dan ϕ_2 **Gambar 8.** Perubahan ϕ_1 dan ϕ_3 **Gambar 9.** Perubahan ϕ_2 dan ϕ_3

Berikutnya akan dilihat perubahan nilai parameter efek kompetisi dan laju keluar dari koloni terhadap populasi kesetimbangan gyne(x) yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11. Dari gambar terlihat bahwa nilai parameter ϕ_1 membuat perubahan nilai parameter γ lebih besar, artinya pengaruh penyerangan pekerja terhadap gyne lebih cepat

mempengaruhi banyak sedikitnya gyne keluar dari koloni dibandingkan pengaruh kompetisi sesama gyne. Hal ini juga berdasarkan riset Trettin J(2011), salah satu penyebab gyne keluar dari koloni adalah keagresifan pekerja. Gyne yang kalah dari kompetisi antar gyne, akan mendapat penyerangan dari pekerja yang mematikan dan menyebabkan pengusiran gyne keluar dari sarang.



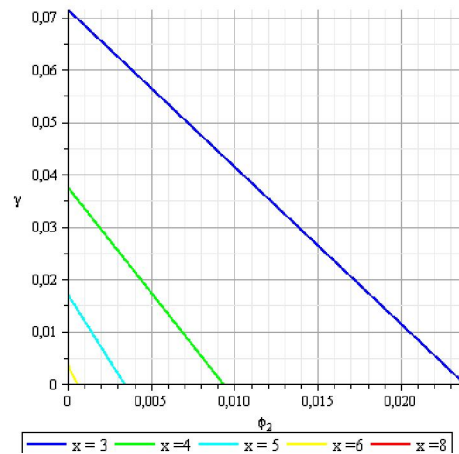
Gambar 10. Perubahan ϕ_1 dan γ

SIMPULAN DAN SARAN

Semut *Cardiocondyla obscurior*, kompetisi antar jantan tua memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan populasi jantan tua dibandingkan kompetisi jantan tua dengan jantan muda. Sedangkan semut *Leptothorax acervorum*, kompetisi antara gyne dan pekerja atau keagresifan pekerja kepada gyne, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap populasi gyne. Selain itu, keagresifan pekerja memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai parameter laju keluar koloni. Hal ini dikarenakan keagresifan pekerja yang menyebabkan kematian bagi gyne dan keluar dari sarangnya. Kompetisi antara gyne dan pekerja terhadap pekerja, memberikan pengaruh signifikan terhadap populasi pekerja dibandingkan efek kompetisi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bernadou, A., et. al. (2016). Body Size but not Colony Size Increases with Altitude in the Holarctic Ant, *Leptothorax Acervorum*.



Gambar 11. Perubahan ϕ_2 dan γ

Ecological Entomology,41, 733-736. DOI: 10.1111/een.12338.

Cremer, S., et.al. (2008). Imperfect Chemical Female Mimicry in Males of the Ant *Cardiocondyla obscurior*. *Naturwissenschaften*, 95:1101–1105.

Cremer S., et.al. (2012): The Dynamics of Male-male Competition in *Cardiocondyla obscurior* Ants. *BMC Ecology*, 12:7.

Friend, LA., and Bourke, AFG. (2014). Workers Respond to Unequal Likelihood of Future Reproductive Opportunities in An Ant. *Animal Behaviour*. Vol 97: 165-176.

Frohschammer, S, & Heinze, J. (2009): A Heritable Componen in Sex Ratio And Caste Determination in a *Cardiocondyla* Ant. *Frontiers in Zoology*, 6:doi:10.1186/1742-9994-6-27.

Gill, R., and Hammond, R. (2011). Workers Influence Royal Reproduction. *Proc R Soc Lond B* 2011 278, doi: 10.1098/rspb.2010.1774.

- Heinze, J, and Ortius, D. (1991). Social Organization of *Leptothorax acervorum* from Alaska (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche* 1991,98:227-240.
- Heinze J, & Schrempf A. (2012): Terminal Investment: Individual Reproduction of Ant Queen Increases with Age. *PLoS One*, 7.2e35201.
- Hirsch M and Smale S. 1974. Differential Equations, Dynamical System, and Linear Algebra. London: Academic Press, INC.
- <http://mathworld.wolfram.com/DescartesSignRule.html> diakses 4 Juni 2018
- Kühbandner, S., et. al. (2014). Age and Ovaria Development are Related to Worker Personality and Task Allocation in the Ant *Leptothorax acervorum*. *Current Zoology*: 60 (3): 392–400.
- Trettin J., et.al. (2011): Queen Dominance and Worker Policing Control Reproduction in a Threatened Ant. *BMC Ecology*, 11:21
- Trettin, J., et.al. (2014). Behavioral Plasticity in Ant Queens: Environmental Manipulation Induces Aggression among Normally Peaceful Queens in the Socially Polymorphic Ant *Leptothorax acervorum*. *PLoS ONE* 9(4): e95153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095153>.
- Trettin, J., (2015). Proximate and Ultimate Factors Influencing Reproductive Skew in the Ant Species *Leptothorax acervorum* (Hymenoptera: Formicidae). *Disertasi untuk tingkat doctoral dari ilmu alami (dr. Rer. Nat.) Fakultas biologi dan obat preclinik .universitas Regensburg*.