



Analisis pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* Stål) yang tertangkap lampu perangkap

Analysis of the effect of weather on population dynamics of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål)

Devid Apriyanto Sofyan^{1,2*}, Yonny Koesmaryono¹, Rini Hidayati¹

¹Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Jalan Miranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan
Jalan Raya Kaliasan Tromol Pos 1 Jatisari, Karawang 41374

(diterima Juli 2017, disetujui November 2018)

ABSTRAK

Wereng batang coklat (WBC) merupakan salah satu hama utama tanaman padi yang serangannya menyebabkan penurunan produksi padi. Kelimpahan populasi WBC di pertanaman padi dipengaruhi oleh faktor cuaca. Indikasi awal kelimpahan populasi WBC di pertanaman dapat dilihat dari jumlah WBC yang tertangkap lampu perangkap. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi *Nilaparvata lugens* Stål (wereng batang coklat). Metode analisis yang digunakan untuk melihat pengaruh masing-masing faktor cuaca terhadap dinamika populasi WBC adalah analisis korelasi dan regresi linier berganda. Masalah multikolinearitas antar faktor cuaca yang berpengaruh dianalisis menggunakan metode regresi komponen utama. Curah hujan, kelembapan minimum, dan hari hujan memiliki korelasi kuat terhadap dinamika populasi WBC. Hasil uji subset antara ketiga faktor tersebut menghasilkan pasangan faktor yang terbaik, yaitu hari hujan dan kelembapan minimum. Persamaan regresi antara faktor hari hujan dan kelembapan minimum terhadap populasi WBC cukup baik dalam menggambarkan peningkatan populasi WBC yang seiring dengan peningkatan jumlah hari hujan pada kondisi kelembapan minimum yang fluktuatif di pertanaman.

Kata kunci: fluktuasi populasi, hama padi, kelimpahan, lampu perangkap

ABSTRACT

Nilaparvata lugens Stål (brown planthopper [BPH]) is one of the major pests that cause a decline in rice productions. BPH population abundance in rice crops is affected by weather factors. An early indication of the BPH population abundance in the crop can be seen from the number of captured BPH on light traps. This study aims to analyze the influence of weather factors on the population dynamics of BPH, caught by the light traps. The method analysis used is correlation analysis and linear regression analysis. When multicollinearity problems occur among the weather factors, the influence was analyzed using principal component regression method. The result showed that rainfall, minimum humidity, and rainy days have a strong correlation to the BPH population dynamics. Based on subset tests between these three factors, two best factors were chosen, namely the rainy days and minimum humidity. The regression equation between rainy days and minimum humidity against the BPH population clearly describes the relationship of BPH population that increases along with the increase in the number of rainy days accompanied by the fluctuation of minimum humidity in the environment.

Key words: abundance, light trap, population fluctuation, rice pest

*Penulis korespondensi: Devid Apriyanto Sofyan. Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan
Jalan Raya Kaliasan Tromol Pos 1 Jatisari, Karawang 41374, Tel/Faks: 0264-360581, Email: devsofyan@gmail.com

PENDAHULUAN

Organisme pengganggu tumbuhan (OPT) secara alami dapat membatasi tercapainya produksi padi secara optimal. Serangan OPT pada lahan pertanaman padi dapat mengakibatkan kerusakan tanaman dari ringan sampai dengan berat, hingga puso (gagal panen) yang akan meningkatkan jumlah kehilangan hasil produksi. Kondisi ini akan sangat merugikan petani dan mempengaruhi pencapaian target produksi padi nasional. Salah satu OPT utama tanaman padi adalah wereng batang coklat (WBC). Hama ini diketahui menjadi hama endemis di 14 provinsi di Indonesia, salah satunya adalah wilayah Pantai Utara (Pantura) Provinsi Jawa Barat, yaitu di Kabupaten Karawang dan Subang. Pada tahun 2010, pertanaman padi di jalur Pantura seluas 128.738 ha terserang WBC dan dari luas tersebut 4.602 ha mengalami puso. Luas serangan ini melampaui ledakan serangan WBC pada tahun 1998 yang menyerang tanaman padi di wilayah yang sama seluas 115.484 ha dengan puso mencapai 4.874 ha (Baehaki 2011).

Perkembangan populasi WBC di pertanaman padi sangat dinamis, hal tersebut dipengaruhi banyak faktor dan salah satunya adalah cuaca. Faktor cuaca yang mempengaruhi dinamika populasi WBC adalah curah hujan, suhu, kelembapan, dan angin (Nguyen et al. 2011). Menurut Dharmasena et al. (2000) curah hujan yang tinggi, kelembapan tinggi, dan suhu rendah merupakan keadaan yang cocok untuk perkembangan hama WBC. Dalam batasan yang luas, cuaca mempengaruhi penyebaran, kelimpahan, dan salah satu faktor pemicu timbulnya serangan WBC. Menurut Das et al. (2008), pengetahuan tentang kelimpahan musiman dan tren perkembangan populasi hama yang dihubungkan dengan faktor cuaca sangat penting sebagai upaya untuk memastikan kesiapan pengendalian tepat waktu dalam mengatasi masalah hama yang merugikan.

Serangan WBC telah menimbulkan kerugian besar bagi petani. Masih terbatasnya ketersediaan informasi peringatan dini berupa prediksi atau ramalan serangan WBC dan kaitannya dengan iklim, menjadikan informasi peringatan dini ini sangat penting bagi upaya pengendalian dini untuk menentukan rencana pengendalian yang efektif sehingga dapat mengurangi tingkat kehilangan

hasil produksi padi dan kerugian ekonomi bagi petani. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* Stål) yang tertangkap lampu perangkap sebagai salah satu dasar peramalan ledakan wereng coklat di pertanaman padi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei 2015 sampai Mei 2016 di Laboratorium Agrometeorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini menggunakan dua data sekunder, yaitu data populasi WBC dan data cuaca yang diperoleh pada musim hujan dan musim kemarau. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Minitab versi 15 untuk uji statistik.

Data penelitian

Pengumpulan data populasi harian imago WBC di lampu perangkap diperoleh dari Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tanaman (BBPOPT) Jatisari Kabupaten Karawang dari tahun 2002 sampai 2012, dengan kekuatan lampu perangkap sebesar 100 watt. Pengumpulan data cuaca (curah hujan, suhu minimum dan maksimum, kelembapan minimum dan maksimum, radiasi matahari, dan kecepatan angin) diperoleh dari dua lokasi stasiun milik Balai Penelitian Agroklimatologi dan Hidrologi dan satu stasiun milik BBPOPT Jatisari di wilayah Pantai Utara Jawa Barat dari tahun 2002 sampai 2012.

Metode analisis

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui variabel faktor cuaca yang paling berkorelasi terhadap kelimpahan populasi WBC di lampu perangkap. Jika perubahan salah satu variabel disertai dengan perubahan variabel lainnya, baik dalam arah yang sama ataupun arah yang sebaliknya maka dapat dikatakan dua variabel tersebut berkorelasi.

Analisis data untuk melihat hubungan faktor cuaca terhadap dinamika populasi WBC hasil tangkapan lampu perangkap dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier berganda.

Data faktor cuaca digunakan sebagai peubah bebas dan data populasi WBC sebagai peubah respons. Persamaan regresi linier berganda:

$$y = a + b_1X_{p1} + b_2X_{p2} + \dots + e, \text{ dengan}$$

y : populasi WBC per musim tanam yang didapat lampu perangkap; X_p : adalah faktor cuaca hasil prediksi BMKG; a : konstanta; b : koefisien pengaruh masing-masing peubah cuaca terhadap populasi hama; dan e : galat.

Pengujian terhadap koefisien-koefisien tersebut dilakukan dengan uji t dan pengujian terhadap model dilakukan dengan analisis ragam. Tingkat keeratan hubungan antara y dan X dinyatakan dalam koefisien determinasi R^2 , yang nilainya berkisar dari 0–100%. Apabila terdapat masalah multikolinieritas antar faktor cuaca yang diuji maka hubungan antara besarnya populasi WBC dan semua faktor cuaca dimodelkan dengan persamaan regresi komponen utama. Analisis komponen utama digunakan apabila dalam pembentukan model pendugaan peubah bebas yang digunakan banyak dan terdapat hubungan yang erat antar peubah bebasnya. Prinsip dasar dari metode regresi komponen utama adalah menggunakan skor komponen utama yang terpilih sebagai peubah bebas. Komponen-komponen utama tersebut saling ortogonal atau saling tidak berkorelasi. Berikut persamaan regresi komponen utama, yaitu

$$Y = \beta_0 1 + W_p \beta_p + \varepsilon, \text{ dengan}$$

Y : peubah respons; 1 : matriks yang elemennya bernilai 1; W_p : matriks yang elemennya terdapat skor komponen; β_0 : matriks koefisien komponen utama; β_p : vektor koefisien komponen utama, dan ε : vektor galat.

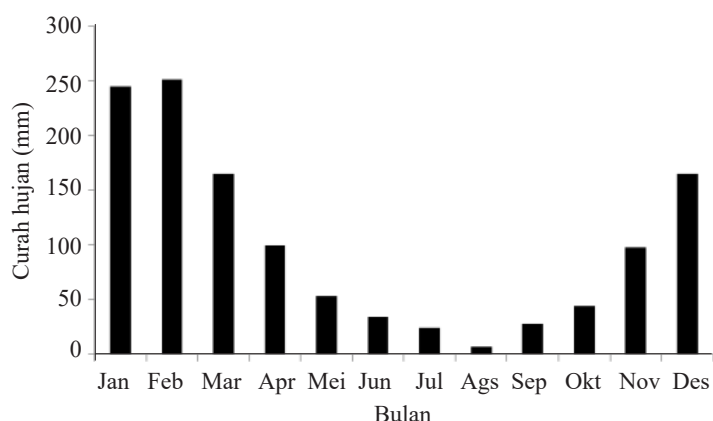
HASIL

Pola iklim dan kelimpahan populasi WBC tangkapan lampu perangkap

Pola curah hujan berdasarkan data curah hujan rata-rata bulanan dari tahun 2002 sampai 2012 membentuk pola huruf U (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa pola curah hujan di wilayah kajian adalah pola iklim monsun. Pola iklim di suatu wilayah akan mempengaruhi waktu tanam padi di wilayah tersebut. Kondisi ini kemudian akan berpengaruh juga pada pola keberadaan dan serangan hama di wilayah tersebut. Peran dari lampu perangkap adalah sebagai deteksi awal keberadaan individu populasi migran (makroptera). Dengan asumsi bahwa populasi WBC yang tertangkap lampu perangkap berasal dari wilayah di sekitar lampu dengan pola musim tanam padi yang sama maka sepanjang pengamatan tahun 2002 sampai 2012 pada lampu perangkap di sawah percobaan Jatisari, populasi WBC yang tertangkap adalah sebanyak 5.900 individu. Dengan tangkapan terendah tahun 2002 sebanyak 219 individu dan tertinggi pada tahun 2010 sebanyak 2.129 individu. Tangkapan yang tinggi dari tahun 2010 sampai 2011 diduga dipengaruhi oleh ledakan populasi hama WBC pada tahun tersebut akibat fenomena La Nina.

Hubungan pola musim tanam, faktor cuaca, dan populasi WBC

Dalam rentang waktu dari tahun 2002 sampai 2012 terdapat setidaknya 20 kali musim tanam di wilayah kebun percobaan Jatisari. Masa tanam padi dilakukan selama 2 kali dalam 1 tahun. Musim tanam satu (MT1) berlangsung pada bulan



Gambar 1. Pola curah hujan rata-rata bulanan di wilayah Jatisari dari tahun 2002 sampai 2012.

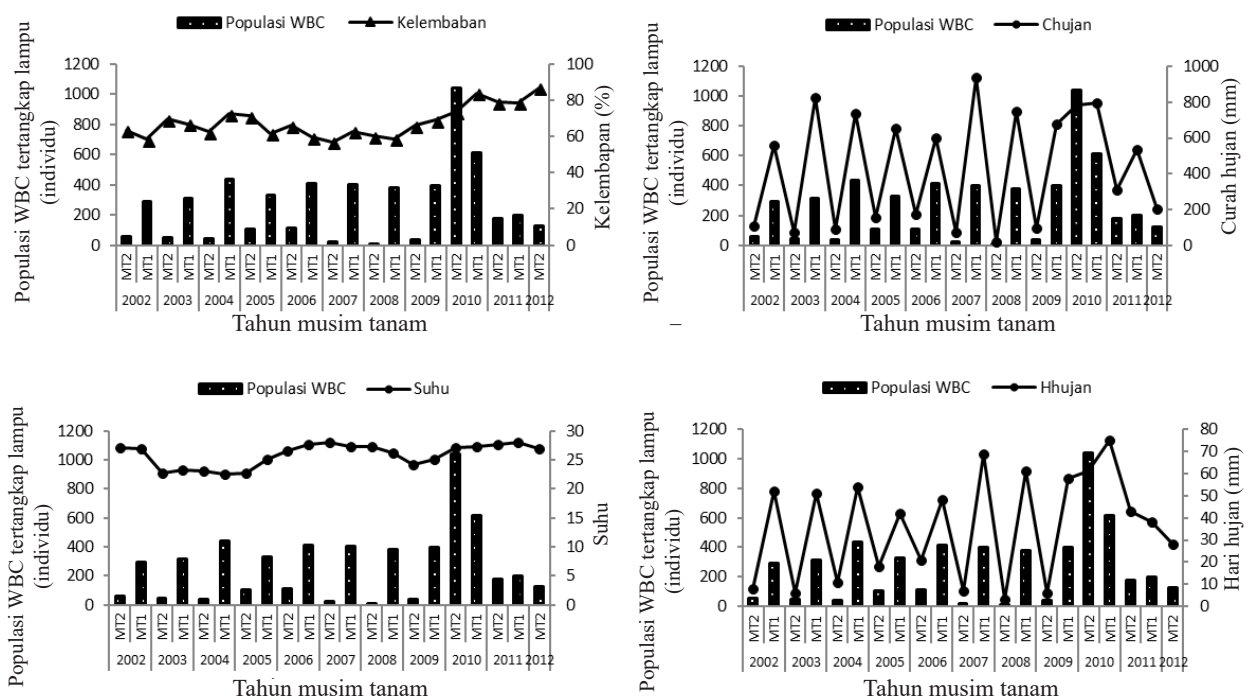
November–Februari (musim hujan) dan musim tanam dua (MT2) berlangsung pada bulan Mei–Agustus (musim kemarau). Sepanjang 2002–2012, jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada MT1 (musim hujan) di setiap tahunnya, kecuali pada tahun 2010 dengan jumlah hari hujan cukup tinggi sepanjang tahun (Gambar 2). Kelimpahan populasi yang tinggi dalam lampu perangkap berkaitan dengan tingginya curah hujan pada MT1. Jumlah WBC yang terperangkap cenderung turun seiring dengan rendahnya curah hujan dan hari hujan pada MT2. Sepanjang tahun 2002 sampai 2012, jumlah populasi WBC tertangkap lampu perangkap selama musim kemarau adalah 1.159 individu, sedangkan saat musim hujan populasi tertangkap sebanyak 3.770 individu.

Pada beberapa MT1, suhu maksimum memperlihatkan pola selalu turun seiring dengan kenaikan populasi WBC pada musim tanam tersebut. Namun, secara umum suhu maksimum, suhu minimum, dan suhu rata-rata cenderung meningkat sepanjang tahun 2002 sampai 2012 di wilayah studi. Kenaikan suhu rata-rata sebesar lebih kurang 4,8 °C antara tahun 2003 sampai 2012 terlihat mengikuti pola kenaikan jumlah populasi WBC yang terperangkap terutama setelah MT2 2005. Kelembapan minimum selalu tinggi pada MT1 dan lebih rendah pada MT2. Kelembapan minimum cenderung meningkat dari tahun 2006 sampai 2012 (Gambar 2).

Pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi WBC

Secara teoritis banyak faktor cuaca yang berpengaruh pada dinamika kelimpahan populasi WBC, namun pada penelitian ini faktor cuaca yang memiliki korelasi nyata terhadap populasi WBC dalam periode musim tanam adalah curah hujan, hari hujan, dan kelembapan minimum. Kesahihan korelasi antara faktor cuaca dan populasi WBC hasil tangkapan dibatasi oleh nilai *range* parameter cuaca, yaitu di antara nilai maksimum dan minimumnya. Artinya, pada korelasi kelembapan minimum sebesar $r = 0,595$ peningkatan populasi terjadi seiring dengan peningkatan kelembapan minimum dengan syarat nilai RHmin berkisar pada 43,4–67,3% per MT (Tabel 1). Hal yang sama berlaku pada parameter cuaca lainnya yang korelasinya nyata.

Berdasar pada hasil analisis korelasi, plot tren hubungan antara populasi WBC dan faktor cuaca bersifat non linier (Gambar 3). Plot hubungan populasi WBC dengan curah hujan menghasilkan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,8179. Hal ini berarti 81,7% keragaman data dapat terwakili oleh persamaan tersebut atau dengan kata lain kelimpahan populasi WBC yang tertangkap dalam lampu perangkap dipengaruhi sebesar 81,7% oleh faktor curah hujan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya. Hubungan populasi WBC dengan hari hujan menghasilkan $R^2 = 0,8663$, dan



Gambar 2. Hubungan musim tanam dengan populasi WBC dan beberapa faktor cuaca.

hubungan populasi WBC dengan kelembapan minimum $R^2 = 0,2729$ (Gambar 3).

Uji subset dilakukan untuk menentukan 2 faktor cuaca terbaik dari 3 faktor cuaca yang memiliki korelasi nyata terhadap populasi WBC. Hasil uji diperoleh pasangan faktor cuaca terbaik adalah hari hujan dan kelembapan minimum. Plot korelasi antara populasi WBC dengan hari hujan

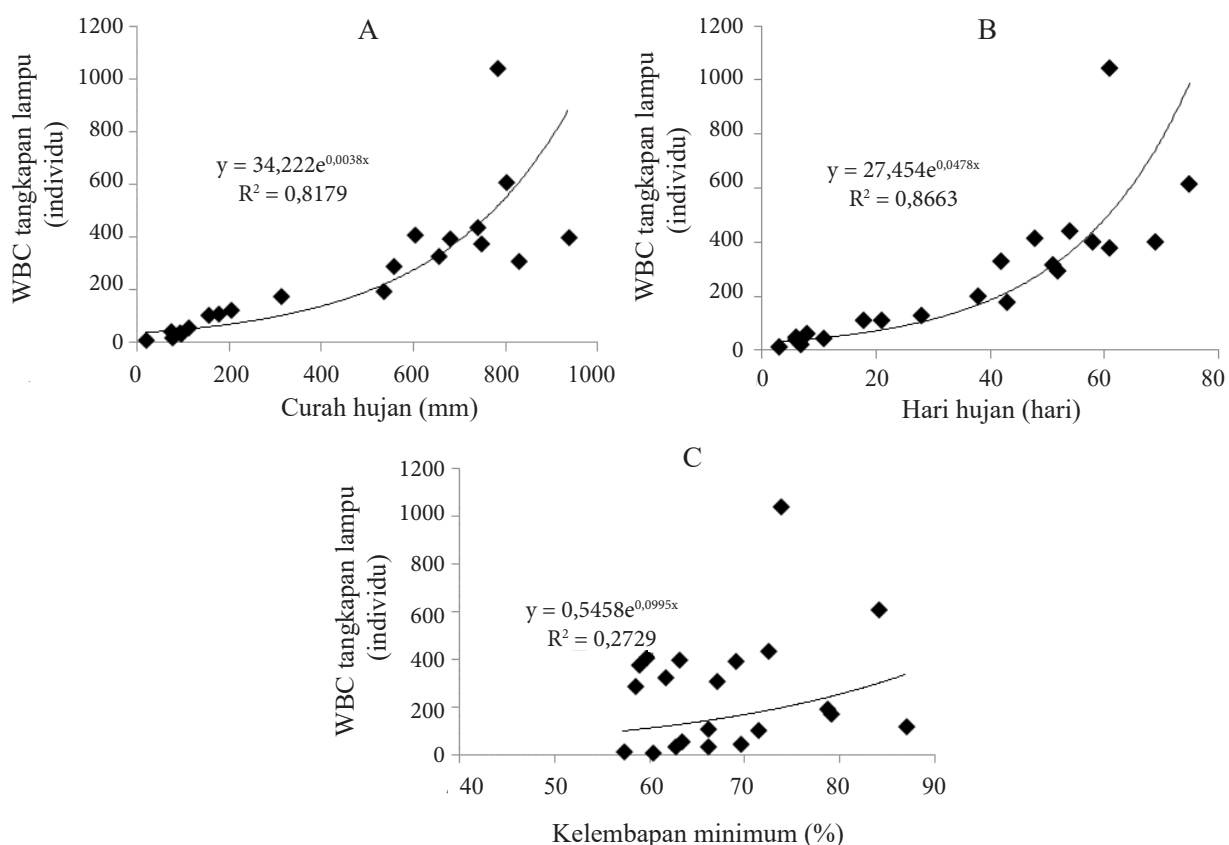
dan kelembapan minimum tersaji pada Gambar 4. Peningkatan kelimpahan populasi WBC (sumbu z) di pertanaman saat musim tanam berlangsung seiring dengan meningkatnya jumlah hari hujan (sumbu y) pada kondisi kelembapan minimum (sumbu x) berada kisaran tertentu per musim tanam.

Korelasi antara faktor hari hujan dan kelembapan minimum bersifat nyata ($r = 0,678$;

Tabel 1. Nilai korelasi, mean, dan range populasi WBC tangkapan lampu perangkap terhadap faktor cuaca

Parameter	<i>r</i> -Pearson	<i>P</i> -value	Mean	Minimum	Maximum	Range
CH	0,908*	0,000	435,3	17,5	935,5	918
HH	0,865*	0,000	36,2	3	75	72
RHmin	0,595*	0,004	56,8	43,4	67,3	23,9
Tmax	-0,116	0,617				
Tmin	0,224	0,329				
Trata	0,031	0,893				
RHmax	0,001	0,998				
RHrata	-0,031	0,895				
Radiasi	-0,164	0,476				
K Angin	0,102	0,666				

CH: curah hujan; HH: hari hujan; RHmin: kelembapan minimum; Tmax: suhu maksimum; Tmin: suhu minimum; Trata: suhu rata-rata; RHmax: kelembapan maksimum; RH rata: kelembapan rata-rata; K angin: kecepatan.



Gambar 3. Tren hubungan antara populasi WBC tangkapan lampu perangkap dan parameter faktor cuaca. A: populasi tangkapan lampu dengan curah hujan; B: populasi tangkapan lampu dengan hari hujan; C: populasi tangkapan lampu dengan kelembapan minimum.

$p = 0,001$). Oleh karena itu, untuk menghilangkan pengaruh multikolinearitas maka analisis dilanjutkan menggunakan analisis regresi komponen utama. Nilai *eigenvalue* kedua komponen utama tersebut mewakili 97,4% dan 2,6% dari seluruh variabilitas. Persamaan yang dihasilkan dari analisis ini adalah:

$$\text{Populasi WBC} = 15,2 + 11HH - 0,8RH_{\text{min}},$$

dengan nilai $R^2(\text{adj}) = 70,6\%$. Nilai koefisien determinasi ini menunjukkan bahwa 70,6% kejadian kelimpahan populasi WBC di pertanaman dan lampu perangkap dipengaruhi oleh peranan hari hujan dan kelembapan minimum dalam membentuk lingkungan yang sesuai untuk perkembangan WBC kemudian ditambah faktor luar lainnya sebanyak 30%, seperti misalnya luas tanam, varietas padi, dan faktor iklim lainnya.

Terkait dengan penggunaan model persamaan untuk prediksi, jika yang tersedia hanya data curah hujan prediksi bulanan (mengacu pada ketersediaan data di BMKG) maka sebaiknya model prediksi menggunakan persamaan tren yang tersaji pada Gambar 3a. Persamaan yang dimaksud sebagai berikut:

$$y = 34,222e^{0,0038x}, \text{ dengan}$$

y : adalah populasi WBC; dan x : curah hujan prediksi. Persamaan tersebut memiliki nilai $R^2 = 81,7\%$.

PEMBAHASAN

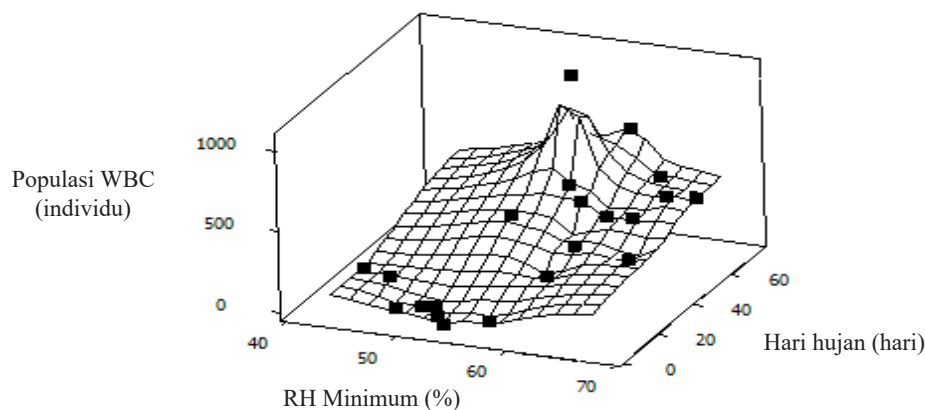
Lampu perangkap merupakan alat yang berfungsi sebagai pendeteksi awal adanya hama. Seperti umumnya serangga, WBC juga tertarik pada cahaya lampu. WBC tertarik pada lampu

berwarna biru, hijau, kuning, dan merah (Yang et al. 2013). Lampu perangkap sangat penting karena WBC yang pertama kali datang di persemaian atau pertanaman adalah wereng makroptera betina atau jantan imigran. Jeyarani (2004), menyatakan bahwa hama tertangkap lampu perangkap merupakan representasi dari ledakan wereng coklat di lapangan.

Faktor biotik dan abiotik lingkungan memiliki kaitan erat dengan tangkapan lampu perangkap. Faktor biotik berupa parameter cuaca, seperti curah hujan, suhu, kelembapan, angin, dan radiasi matahari saling terkait satu sama lain. Dari banyak faktor cuaca yang secara teoritis berpengaruh terhadap kelimpahan populasi WBC tangkapan lampu perangkap, yang memiliki korelasi kuat dalam penelitian ini adalah hari hujan, curah hujan, dan kelembapan minimum.

Pada pola iklim monsunial terdapat satu periode basah dan satu periode kering dalam masa satu tahun (Aldrian & Susanto 2003). Pada periode basah, jumlah hari hujan lebih tinggi dibandingkan dengan periode kering. Hari hujan merupakan representasi dari curah hujan. Peningkatan curah hujan dengan jumlah hari hujan tinggi akan meningkatkan populasi WBC yang tertangkap lampu perangkap. Ini sesuai dengan pernyataan Yang et al. (2013) dan William (1940), yang menyatakan bahwa pengaruh hujan terhadap total tangkapan serangga pada lampu perangkap, yaitu curah hujan yang tinggi akan membuat lebih banyak serangga golongan Delphicidae (termasuk WBC) dan Noctuidae (ngengat) lebih berlimpah di dalam lampu perangkap.

Curah hujan berpengaruh secara langsung ataupun tidak langsung terhadap kelimpahan populasi dan berkurangnya populasi serangga



Gambar 4. Plot 3 dimensi antara populasi WBC tangkapan lampu dengan hari hujan dan kelembapan minimum.

di lapangan. Secara langsung curah hujan tinggi akan menurunkan populasi serangga karena sebagian individu serangga tercuci oleh derasnya hujan (Koesmaryono 1985; Mochida et al. 1986), hal ini merupakan jenis pengendalian OPT secara fisik yang terjadi di alam. Pada curah hujan tinggi pula, tanaman padi akan tumbuh dengan baik. Jarak tanam dan usia tanaman akan berpengaruh pada pembentukan kanopi rumpun padi yang akan membentuk iklim mikro di sekitarnya. Secara tidak langsung curah hujan dan kondisi keawanan berperan dalam membentuk iklim mikro di pertanaman (Yang et al. 2013). Curah hujan dan keawanan berkaitan erat dengan suhu udara. Curah hujan dengan kondisi keawanan tinggi dapat menyebabkan suhu udara rendah di sekitar pertanaman. Suhu harian antara 27–30 °C dan suhu malam hari yang rendah adalah suhu yang paling sesuai untuk pemunculan sejumlah serangga dewasa (Subroto et al. 1992; Susanti 2008). Jika kondisi suhu yang sesuai dengan perkembangan WBC tercapai maka akan mempengaruhi perilaku dan perkembangbiakan WBC sehingga memungkinkan terjadi lonjakan populasi di pertanaman.

Kelembapan mempengaruhi perkembangan WBC dan meningkatkan populasinya (Dyck et al. 1979; Bae et al. 1987). Dyck et al. 1979 menyatakan kelembapan konstan pada kisaran 50–60% berperan secara optimal pada peningkatan populasi WBC. Kelembapan menggambarkan kandungan uap air di udara. Kemampuan menampung uap air di udara ditentukan oleh suhu. Pada suhu rendah kemampuan untuk menampung udara menurun sehingga kelembapan berada pada kisaran minimum. Kisaran kelembapan minimum yang mempengaruhi kelimpahan populasi WBC dalam penelitian ini berkisar pada rentang 43,4–67,3% (Tabel 5). Kelembapan minimum yang meningkat melebihi nilai rata-ratanya akan berpotensi untuk menyediakan lingkungan terbaik bagi perkembangan WBC. Hal ini sesuai dengan penelitian Susanti (2008) yang menyatakan bahwa serangan WBC akan terjadi bila suhu minimum, kelembapan relatif minimum, dan kelembapan relatif rata-rata berada di atas rata-ratanya.

KESIMPULAN

Kelimpahan populasi WBC pada lampu perangkap cenderung tinggi saat musim hujan (MT1) dan rendah saat musim kemarau (MT2). Faktor cuaca yang dominan mempengaruhi kelimpahan populasi WBC dalam lampu perangkap pada periode musim tanam adalah jumlah hari hujan dan kelembapan minimum. Persamaan $Populasi\ WBC = 15,2 + 11HH - 0,8RH_{min}$ cukup baik dalam menggambarkan bahwa peningkatan populasi WBC akan terjadi seiring dengan peningkatan jumlah hari hujan yang disertai dengan fluktuasi nilai kelembapan minimum di wilayah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Peramalan OPT Jatisari yang telah membantu pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian atas dukungan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian E, Susanto RD. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology* 23:1435–1452. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.950>.
- Bae SD, Song YH, Park YD. 1987. Effect of temperature condition on growth and oviposition of brown planthopper. *Korean Journal of Plant Protection* 26:13–23.
- Baehaki SE. 2011. Normalisasi dan pengendalian dini hama wereng batang coklat pengaman produksi padi nasional. *Buletin Agro Inovasi* 3415:20–26.
- Das DK, Behera KS, Dhandapani A, Trivedi TP, Chona N, Bhandari P. 2008. Development of forewarning systems of rice pests for their management. Di dalam: Prakash A, Sasmal A, Rao J, Tewari SN, Behera KS, Singh SK, Nandagopal V (Eds.), *Rice Pest Management*. hlm. 187–200. Cuttack: Applied Zoologist Research Association.

- Dharmasena CMD, Banda RMR, Fernando MHJP. 2000. Effect of climatic factors and agronomic practices on brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) out break in the Anuradhapura District, Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research and Extension* 3:12–16.
- Dyck VA, Chen CN, Mishra BC, Hseih CY, Alam S, Rejesus RS. 1979. Ecology of the brown planthopper in the tropics. Di dalam: *Proceedings Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia, (Los Banos, Laguna, 18–22 April 1977)*. hlm. 61–98. Manila: International Rice Research Institute.
- Jeyarani S. 2004. Population dynamics of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* and its relationship with weather factors and light catches. *J. Ecobiol* 16:475–477.
- Koesmaryono Y. 1985. *Biologi Kutu Daun Gandum Rophalosiphum padi Linnaeus (Homoptera: Aphididae) di Dua Habitat dengan Iklim yang Berbeda*. Tesis. Bogor: Insitut Pertanian Bogor.
- Mochida O, Joshi RC, Litsinger JA. 1986. Climatic factors affecting the occurrence of insect pests. Di dalam: Pollard LM et al. (Eds.), *Proceedings of The International Workshop on The Impact of Weather Parameters on Growth and Yield of Rice (Manila, 7–10 April 1986)*. hlm. 149–164. Manila: International Rice Research Institute.
- Nguyen VGN, Vo TT, Huynh HX, Drogoul A. 2011. On weather affecting to brown planthopper invasion using an agent-based model. Di dalam: *Proceedings of Conference: MEDES '11: International ACM Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems, (San Fransisco, 21–24 November 2011)* hlm. 150–157. New York: ACM Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1145/2077489.2077517>.
- Subroto SWG, Wahyudin, Toto H, Sawanda H. 1992. *Taksonomi dan Bioekologi Wereng Batang Coklat Nilaparvata lugens Stall. Kerjasam Teknis Indonesia–Jepang Bidang Perlindungan Tanaman Pangan (ATA-162)*. Laporan Akhir Wereng Batang Coklat. Jakarta: Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. Direktorat Jendral Pertanian Tanaman Pangan.
- Susanti E. 2008. *Developing Information System for Climate Based Potential Area Attack of Brown Planthopper (Nilaparvata lugens) in North Coast of West Java*. Thesis. Bogor: Bogor Agricultural University.
- Yang HB, Hu G, Zhang G, Chen X, Zhu SR, Liu S, Liang ZL, Zhang XX, Cheng XN, Zhai BP. 2013. Effect of light colours and weather conditions on captures of *Sogatella furcifera* (Horváth) and *Nilaparvata lugens* (Stål). *Journal of Applied Entomology* 138:743–753. doi: <https://doi.org/10.1111/jen.12109>.
- Williams CB. 1940. The analysis of four years captures of insects in a light trap. Part II. The effect of weather conditions on insects activity; and the estimation and forecasting of changes in the insect population. *Transactions of The Royal Entomological Society of London* 90:227–306. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1940.tb03000.x>.