

Peranan Faktor Cuaca terhadap Serangan Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Pada Tanaman Jagung di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur

BAYU WIDHAYASA^{1*}, EFRI SURYA DARMA^{2**}

¹UPTD Proteksi Tanaman Pangan dan Hotikultura Provinsi Kalimantan Timur. Jl. PM. Noor, Sempaja Selatan, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia.

²Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Tanaman Samarinda. Jl. Thoyib Hadiwijaya, Sempaja Selatan, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia.

E-Mail: bwidhayasa@gmail.com

Abstract. The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is a new pest found on maize in Indonesia, caused high yield losses, so its presence needs to be watched out for. The behavior and development of *S. frugiperda* are influenced by interactions with its environment, particularly weather factors including temperature, rainfall, and humidity. This study aims to analyze the relationship between weather factors and *S. frugiperda* infestations on maize in Berau District, East Kalimantan. Direct observations were made by the purposive sampling method to determine the affected area by *S. frugiperda* infestations on maize, while weather data were obtained from the Kalimarau Meteorological Station. Data were analyzed by correlation test and multiple linear regression to determine the relationship between weather factors and *S. frugiperda* infestations on maize. The infestation of *S. frugiperda* on maize had a significantly negative correlation with rainfall ($r = -0.72$) and a significantly positive correlation with maximum temperature ($r = 0.70$), while the minimum temperature, average temperature, and humidity did not have a significant correlation. Multiple linear regression showed that the infestation of *S. frugiperda* on maize was affected by rainfall and maximum temperature by following the equation: $Y = -904.25 - 7.96 X_1 + 33.64 X_2$ ($R^2 = 0.62$).

Keywords: affected area, maize, *Spodoptera frugiperda*, weather

Abstrak. Ulat grayak *Spodoptera frugiperda* merupakan hama baru yang ditemukan pada tanaman jagung di Indonesia, mengakibatkan kehilangan hasil yang tinggi sehingga keberadaannya perlu diwaspadai. Perilaku dan perkembangan *S. frugiperda* dipengaruhi oleh interaksi dengan lingkungannya, yaitu faktor cuaca meliputi suhu, curah hujan dan kelembaban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara faktor cuaca dengan serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Pengamatan langsung dilakukan dengan metode *purposive sampling* untuk menentukan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung, sedangkan data cuaca diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kalimarau. Data dianalisis dengan uji korelasi dan regresi linier berganda untuk mengetahui hubungan faktor cuaca dengan serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung. luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung mempunyai korelasi nyata negatif dengan curah hujan ($r = -0,72$) dan korelasi nyata positif dengan suhu maksimum ($r = 0,70$), sedangkan suhu minimum, suhu rata-rata dan kelembaban tidak menunjukkan korelasi nyata. Regresi linier berganda menunjukkan bahwa luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung dipengaruhi oleh curah hujan dan suhu maksimum dengan mengikuti persamaan: $Y = -904,25 - 7,96 X_1 + 33,64 X_2$ ($R^2 = 0,62$).

Kata kunci: faktor cuaca, jagung, luas serangan, *Spodoptera frugiperda*

PENDAHULUAN

Ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan serangga yang menjadi hama utama tanaman jagung di Indonesia, bersifat polifag dan mampu menyerang lebih dari 80 jenis tanaman (Mukkun et al., 2021; Trisyono et al., 2019). Hama ini berasal dari wilayah tropis dan subtropis Benua Amerika, kemudian menyebar secara agresif ke arah timur menuju Afrika, menyerang tanaman jagung dan mengakibatkan kerugian secara ekonomi untuk Negara-negara Afrika sejak pertama kali terdeteksi pada Januari 2016 (Goergen et al., 2016; Sari et al., 2021). Penyebaran *S. frugiperda* berlanjut sampai ke Asia pada pertengahan 2018 di India, lalu menyebar ke Bangladesh, Cina, Myanmar, Sri Lanka, Thailand, dan kemudian sampai ke Indonesia (Jamil et al., 2021; Tapa-yotto et al., 2021). Di Indonesia, *S. frugiperda* pertama kali terdeteksi pada 2019 di Sumatra Barat, kemudian menyebar sepanjang Pulau Sumatra, Jawa dan Kalimantan (FAO, 2019).

Penelitian-penelitian sebelumnya melaporkan bahwa *S. frugiperda* telah menyerang tanaman jagung beberapa provinsi di Indonesia, meliputi Sumatra Barat (Sari et al., 2021), Sumatra Selatan (Hutasoit et al., 2020), Lampung (Trisyono et al., 2019), Banten (Sartiami et al., 2020), Jawa Barat (Maharani et al., 2019) dan Nusa Tenggara Timur (Mukkun et al., 2021). Larva *S. frugiperda* menyerang tanaman jagung baik pada fase vegetatif maupun generatif, dengan hanya menyisakan sedikit bagian tanaman saja, bahkan larva instar dewasa mampu merusak semua bagian tanaman jagung (Putra & Khotimah, 2021). Di Afrika, kehilangan hasil jagung akibat serangan *S. frugiperda* berkisar dari 15 – 73%, dengan populasi tanaman yang terserang berkisar dari 55 – 100% (Assefa & Ayalew, 2019).

Selain sumber makanan, perilaku dan perkembangan serangga juga dipengaruhi oleh interaksi dengan lingkungannya, khususnya faktor cuaca meliputi suhu, curah hujan, kelembaban dan lain-lain. Selain itu, penyebaran dan lama siklus hidup serangga sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca (Jaworski & Hilszczański, 2014; Rodríguez-Roa et al., 2019; Supawan & Chongrattanameteeikul, 2017). Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa *S. frugiperda* hanya berkembang di wilayah yang mempunyai kondisi cuaca mirip dengan asalnya, minimal suhu tahunan 18 – 26 °C dan curah hujan 500 – 700 mm. Oleh karena itu, wilayah Asia Selatan, Asia Tenggara dan Australia dianggap punya kondisi cuaca yang cocok untuk perkembangan *S. frugiperda* (Du Plessis et al., 2020).

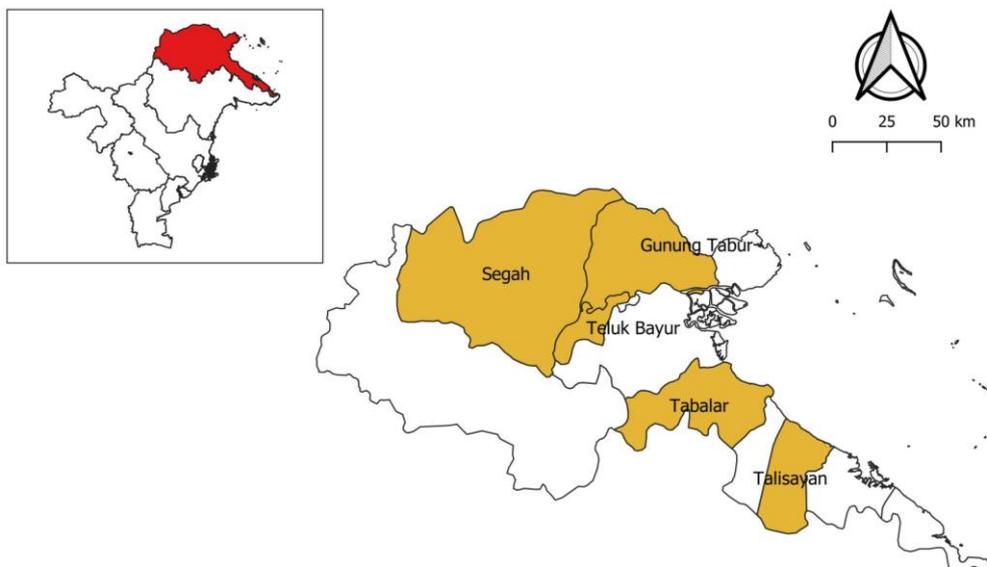
Pada Juni 2019, serangan *S. frugiperda* dilaporkan terjadi pada tanaman jagung di Provinsi Kalimantan Timur, salah satunya di Kabupaten Berau yang menjadi daerah penghasil jagung terbesar di Kalimantan Timur. Di Berau, luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung mencapai 1.351 ha dari total luas tanam 10.133 ha yang tersebar di 13 kecamatan (Data dari Dinas Pangan, Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Timur). Oleh karena itu, serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau menimbulkan rasa khawatir pada petani, karena hama ini menyebabkan kehilangan hasil yang tinggi sehingga keberadaannya perlu diwaspadai.

Perlu upaya memastikan waktu pengendalian yang tepat untuk mengatasi kerugian akibat serangan *S. frugiperda*, sehingga pengetahuan tentang keterkaitan antara perkembangan hama ini dengan faktor cuaca sangat penting. Namun, ketersediaan informasi peringatan dini berupa ramalan serangan *S. frugiperda* dan kaitannya dengan cuaca masih terbatas. Padahal, ramalan serangan sangat penting untuk menentukan rencana pengendalian yang efektif, sehingga dapat mengurangi tingkat kehilangan hasil produksi jagung dan kerugian ekonomi bagi petani. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara faktor cuaca dengan serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung sebagai salah satu dasar peramalan ledakan serangan hama ini dimasa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Pengamatan langsung keberadaan *S. frugiperda* dilakukan pada tanaman jagung di wilayah Kabupaten Berau, meliputi Kecamatan Segah, Gunung Tabur, Teluk Bayur, Tabalar dan Talisayan (Gambar 1). Pengamatan dilakukan selama musim hujan Oktober 2019 – Maret 2020 dan musim kemarau April – September 2020. Data yang dihimpun dari penelitian ini adalah data luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung dan data cuaca yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kalimantan.



Gambar 1. Lokasi pengamatan serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kecamatan Segah, Gunung Tabur, Teluk Bayur, Tabalar dan Talisayan, Kabupaten Berau (warna kuning)

HASIL DAN DISKUSI

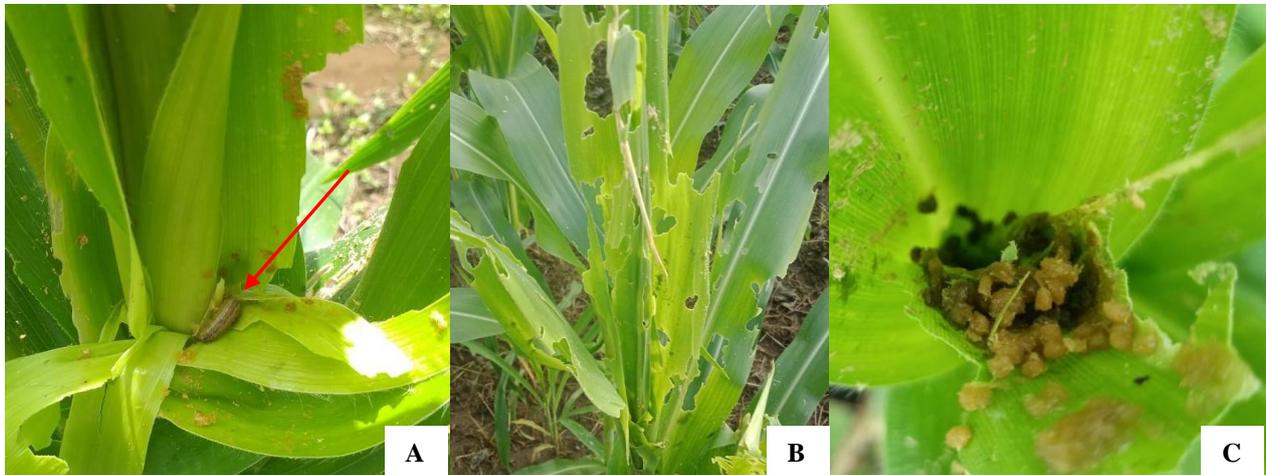
Kondisi cuaca dan serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung

Seperti wilayah Indonesia pada umumnya, Kabupaten Berau termasuk iklim tropis, dengan musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan biasanya terjadi antara bulan Oktober sampai dengan bulan Maret, sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan April sampai dengan bulan September. Hal tersebut terus berlangsung setiap tahun yang diselingi peralihan pada bulan - bulan tertentu. Selama penelitian, dilaporkan bahwa suhu rata-rata berkisar dari 26,61 – 27,92 °C, dengan suhu maksimum tertinggi 33,90 °C dan suhu minimum terendah 23,00 °C (Tabel 1). Kondisi cuaca ini kemudian diduga berpengaruh terhadap keberadaan dan serangan hama di wilayah tersebut.

Tabel 1. Kondisi cuaca di Kabupaten Berau selama musim hujan (Oktober 2019 – Maret 2020) dan musim kemarau (April 2020 – September 2020)

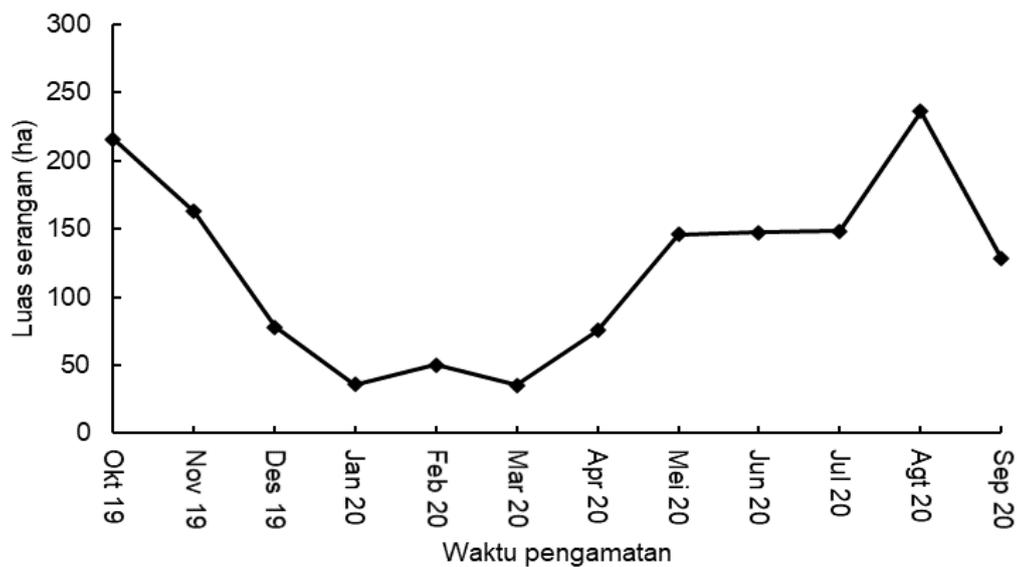
Bulan	Curah hujan (mm)	Suhu (°C)			Kelembaban (%)
		Maksimum	Minimum	Rata-rata	
Oktober 2019	3,38	33,64	23,00	26,98	85,67
November 2019	7,77	33,90	23,63	27,58	85,04
Desember 2019	10,60	31,78	23,69	26,63	90,10
Januari 2020	16,47	31,58	23,58	26,61	90,07
Februari 2020	15,59	31,52	23,40	26,64	88,81
Maret 2020	9,14	32,70	23,59	27,11	88,20
April 2020	9,74	33,09	23,68	27,24	89,19
Mei 2020	11,98	33,71	24,47	27,92	88,20
Juni 2020	7,96	32,51	23,89	27,07	89,92
Juli 2020	8,83	32,45	23,56	26,85	89,52
Agustus 2020	6,85	33,35	23,51	27,22	87,59
September 2020	4,99	32,55	23,67	26,78	89,88

Keterangan: Data diolah dari Stasiun Meteorologi Kalimantan, Kabupaten Berau (2019 – 2020)



Gambar 2. Gejala kerusakan oleh serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung. A. Larva instar dewasa merusak titik tumbuh tanaman, B. Daun tanaman yang masih muda rusak dan berlubang, C. Feses larva pada kuncup daun

Hasil pengamatan langsung ditemukan larva *S. frugiperda* yang sangat beragam, baik bentuk maupun ukurannya. Umumnya, larva ditemukan pada kuncup daun, merusak titik tumbuh dengan memakan bagian dalamnya (Gambar 2A), dan kadang juga menggerek batang. Pada daun jagung ditemukan kerusakan dengan banyaknya lubang hasil gerakan larva (Gambar 2B). Jika daun muda masih menggulung dan belum membuka, biasanya ditemukan larva dewasa di dalamnya, sementara larva muda ditemukan di atas permukaan daun. Selain itu, pada kuncup daun yang belum membuka penuh tampak berlubang dan ditemukan banyak feses larva, tanda yang mudah dikenali dan menjadi pembeda dengan kerusakan oleh spesies lain (Gambar 2C). Tanaman jagung biasanya akan mati jika larva menyerang pucuk tanaman, daun yang masih muda dan titik tumbuh tanaman.



Gambar 3. Pola fluktuasi luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau selama periode musim hujan (Oktober 2019 – Maret 2020) dan musim kemarau (April 2020 – September 2020)

Berdasarkan karakter morfologi, larva yang diamati pada tanaman jagung di lokasi penelitian diidentifikasi sebagai *S. frugiperda*. Ada ciri-ciri unik larva dewasa yang membedakan *S. frugiperda* dengan spesies lainnya, diantaranya kepala berwarna gelap, terdapat bentuk huruf Y terbalik berwarna pucat di bagian depan kepala. Selain itu, hama ini juga menunjukkan ciri khusus dengan keberadaan spot-spot hitam (pinacula) yang membentuk pola trapesium pada abdomen segmen 1 – 7, dan juga membentuk pola persegi pada abdomen segmen 8. Hal tersebut sesuai dengan deskripsi larva *S. frugiperda* yang dilaporkan oleh Goergen et al. (2016), Assefa & Ayalew (2019) dan Jamil et al. (2021).

Pola fluktuasi luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau dipengaruhi musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau (Gambar 3). Secara umum, luas serangan *S. frugiperda* lebih tinggi pada musim kemarau (April 2020 - September 2020) dibandingkan musim hujan (Oktober 2019 – Maret 2020). Ada kecenderungan penurunan luas serangan sejak awal musim hujan, dari 216 ha pada Oktober 2019 sampai 36 ha pada Maret 2020. Sebaliknya, luas serangan meningkat selama musim kemarau, dari 76 ha pada April 2020 sampai puncaknya pada Agustus 2020 mencapai 236 ha. Hal tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas *S. frugiperda* berkaitan erat dengan tinggi-rendah curah hujan pada periode tertentu.

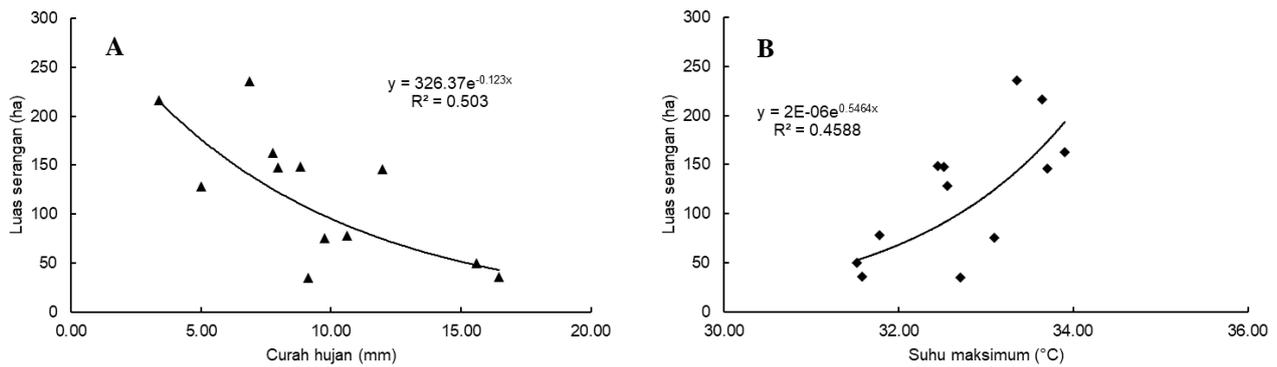
Hubungan antara faktor cuaca dengan luas serangan *S. frugiperda*

Ada keterkaitan antara serangan *S. frugiperda* dengan kondisi cuaca selama penelitian berlangsung (Tabel 2). Hasil uji korelasi menunjukkan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung punya korelasi negatif nyata dengan curah hujan ($r = -0,72$) dan korelasi positif nyata dengan suhu maksimum ($r = 0,70$). Sementara faktor cuaca yang lain meliputi suhu minimum, suhu rata-rata dan kelembaban tidak menunjukkan korelasi nyata. Namun, perlu dicatat bahwa hasil korelasi nyata antara faktor cuaca dengan luas serangan *S. frugiperda* pada penelitian ini dibatasi oleh nilai *range* faktor cuaca, yaitu diantara nilai maksimum dan minimumnya. Sebagai contoh, koefisien korelasi curah hujan ($r = -0,72$) mengindikasikan bahwa saat curah hujan meningkat akan diikuti oleh menurunnya luas serangan *S. frugiperda*, dengan syarat nilai curah hujan berkisar dari 3,38 – 16,47 mm (Tabel 2). Hal tersebut juga berlaku pada faktor cuaca lainnya yang punya korelasi nyata.

Tabel 2. Hasil uji korelasi faktor cuaca dengan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung

Faktor cuaca	<i>r</i> -Pearson	<i>P</i> -value	Mean	Minimum	Maximum	Range
Curah hujan	-0,72*	0,009	9,44	3,38	16,47	13,09
Suhu maksimum	0,70*	0,011	32,73	31,52	33,90	2,38
Suhu minimum	-0,11	0,723				
Suhu rata-rata	0,41	0,189				
Kelembaban	-0,54	0,067				

Keterangan: * Korelasi nyata ($p < 0,05$)



Gambar 4. Hubungan antara faktor cuaca dengan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau. A. Curah hujan dengan luas serangan, B. Suhu maksimum dengan luas serangan

Berdasarkan hasil uji korelasi, diagram tebar antara curah hujan dan suhu maksimum terhadap luas serangan *S. frugiperda* menunjukkan pola tidak linier. Diagram tebar curah hujan dengan luas serangan *S. frugiperda* menghasilkan koefisien determinasi $R^2 = 0,503$, artinya keragaman nilai luas serangan *S. frugiperda* sebesar 50,3% dipengaruhi oleh curah hujan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diamati (Gambar 4B). Hal yang sama berlaku pada hubungan suhu maksimum dengan luas serangan *S. frugiperda* yang menghasilkan koefisien determinasi $R^2 = 0,458$ (Gambar 4B).

Dari uraian di atas diketahui bahwa nilai luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung berhubungan dengan curah hujan dan suhu maksimum. Lebih lanjut analisis regresi linier berganda terhadap hubungan luas serangan *S. frugiperda* (Y) dengan curah hujan (X_1) dan suhu maksimum (X_2) menunjukkan beda nyata. Diperoleh persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

$$Y = -904,25 - 7,96 X_1 + 33,64 X_2 \text{ dengan } R^2 = 0,62$$

Nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,62$ di atas menunjukkan bahwa sebesar 62% luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung dipengaruhi oleh peranan curah hujan dan suhu maksimum, sementara sisanya 38% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diamati, misalnya luas tanam, varietas jagung, umur tanaman dan cara budidaya. Meski begitu, kajian tentang peranan faktor cuaca tersebut masih perlu untuk diteliti lebih lanjut.

Diskusi

S. frugiperda merupakan serangga invasif polifag yang dikenal karena perilaku makan merusak. Hasil pengamatan pada tanaman jagung di Kabupaten Berau menunjukkan gejala khusus serangan *S. frugiperda* yang mudah dikenali dan dibedakan dengan kerusakan oleh spesies lain. Tepung halus di sekitar daun jagung mengindikasikan serangan berat yang disebabkan oleh larva *S. frugiperda*. Tanda dan gejala serangan hama ini berbeda dengan penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis*, biasanya kerusakan pada daun oleh *S. frugiperda* mudah dikenali dengan keberadaan feses yang biasanya tidak ditemukan pada *O. furnacalis* (Trisyono et al., 2019). Selain itu, serangan oleh instar muda biasanya menampilkan gejala semi-transparan dan muncul lubang pada permukaan daun. Sementara itu, instar dewasa cenderung tinggal dan makan di kuncup daun (Hutasoit et al., 2020).

Populasi dan aktivitas serangga selalu berfluktuasi berdasarkan dinamika lingkungannya. Berdasarkan analisis dari beberapa faktor cuaca yang dianggap berhubungan dengan luas serangan *S. frugiperda*, hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan bahwa curah hujan dan suhu maksimum secara nyata punya kaitan erat dengan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau. Hal ini berarti bahwa interaksi yang terjadi antara tanaman dan serangga, khususnya *S. frugiperda*, tidak hanya dipengaruhi oleh faktor biotik, tapi juga oleh faktor abiotik. Faktor abiotik seperti suhu, kelembaban, angin dan hujan bisa secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi populasi dan perilaku makan serangga terhadap tanaman inangnya (Jaworski & Hilszczański, 2014). Sebagai contoh, pengaruh langsung faktor abiotik dapat diamati melalui turunnya hujan lebat yang bisa membuat serangga tercuci dari tanaman inang, dan juga bisa menciptakan kondisi iklim mikro yang mempengaruhi tingkat perkembangan serangga. Secara tidak langsung, serangga juga terpengaruh faktor abiotik melalui meningkatnya aktivitas dan populasi kompetitor atau musuh alami karena perubahan kondisi cuaca (Chen et al., 2019).

Meningkatnya curah hujan di Kabupaten Berau diikuti oleh menurunnya luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung (Gambar 4A). Hal ini karena tingginya curah hujan secara langsung akan menurunkan populasi dan aktivitas serangga karena sebagian individu serangga tercuci oleh derasnya hujan (Sofyan et al., 2019). Selain itu, curah hujan tinggi merupakan jenis pengendalian *S. frugiperda* secara fisik yang terjadi di alam. Pada curah hujan tinggi pula, tanaman jagung akan tumbuh dengan baik. Hasil penelitian ini berbeda dengan Nurzannah et al. (2020) dimana cenderung terjadi peningkatan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Karo, Sumatra Utara, seiring dengan

meningkatnya curah hujan. Perbedaan hasil tersebut diduga karena kondisi lingkungan di suatu wilayah mempengaruhi respons *S. frugiperda* terhadap fluktuasi curah hujan. Harus diingat, bahwa penurunan luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Kabupaten Berau terjadi bila curah hujan dalam *range* antara 3,38 – 16,47 mm (Tabel 2).

Meningkatnya luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung terjadi seiring dengan meningkatnya suhu maksimum di Kabupaten Berau (Gambar 4B). Hasil ini sejalan penelitian Supawan & Chongrattanameteekul (2017) dimana meningkatnya suhu maksimum diikuti oleh meningkatnya jumlah larva *Cnaphalocrocis medinalis* pada tanaman padi di Kamphaeng Phet dan Phichit, Thailand. Suhu merupakan faktor abiotik penting yang mengatur perkembangan, fenologi dan dinamika populasi serangga. Atas dasar perkembangan serangga hanya terjadi dalam rentang suhu tertentu, maka sedikit saja terjadi perubahan pada suhu akan mempengaruhi tingkat perkembangan, lama siklus hidup dan kemampuan serangga bertahan di alam. Selama penelitian, tercatat bahwa suhu maksimum di Kabupaten Berau adalah 31,52 – 33,90 °C. Tingkat perkembangan *S. frugiperda* meningkat seiring dengan peningkatan suhu antara 18 – 30 °C dan kemampuan tertinggi larva untuk bertahan hidup berada pada suhu antara 26 – 30 °C. Suhu optimum yang menghasilkan tingkat perkembangan larva tercepat dan tingkat kematian rendah berada pada 30 °C (Du Plessis et al., 2020).

Berdasarkan hasil uraian diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa larva yang ditemukan pada menyerang tanaman jagung di Kabupaten Berau diidentifikasi sebagai *S. frugiperda*. Luas serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung cenderung lebih tinggi saat musim kemarau (April – September) dan menurun saat musim hujan (Oktober – Maret). Faktor cuaca yang berhubungan erat dan secara nyata mempengaruhi luas serangan *S. frugiperda* adalah curah hujan dan suhu maksimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas bantuan UPTD Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Timur. Penulis ingin berterima kasih kepada Margono, Nur Hasyim, Dewi Sri Ulan, Eka Ryani dan Mansyur sebagai petugas Pengamat Hama dan Penyakit di Kabupaten Berau yang telah membantu menghimpun data selama penelitian ini berlangsung. Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan atas publikasi tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Assefa, F., & Ayalew, D. (2019). Status and control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in maize fields in Ethiopia: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1641902. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641902>
- Chen, C., Harvey, J. A., Biere, A., & Gols, R. (2019). Rain downpours affect survival and development of insect herbivores: the specter of climate change? *Ecology*, 100(11), 1–10. <https://doi.org/10.1002/ecy.2819>
- Du Plessis, H., Schlemmer, M. L., & Van den Berg, J. (2020). The effect of temperature on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/insects11040228>
- FAO. (2019). *Indonesia prepares for battle with Fall Armyworm*. <http://www.fao.org/indonesia/news/detail-events/en/c/1202177/>. Diakses 10 Agustus 2021
- Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., & Tamò, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS ONE*, 11(10), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>
- Hutasoit, R. T., Kalqutny, S. H., & Widiarta, I. N. (2020). Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera; Noctuidae) in maize of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(8), 3576–3582. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210821>
- Jamil, S. Z., Saranum, M. M., Hudin, L. J. S., & Ali, W. K. A. W. (2021). First incidence of the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) attacking maize in Malaysia. *BioInvasions Records*, 10(1), 81–90. <https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.1.10>
- Jaworski, T., & Hilszczański, J. (2014). The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. *Forest Research Papers*, 74(4), 345–355. <https://doi.org/10.2478/frp-2013-0033>
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., Rizkie, L., Hidayat, Y., & Dono, D. (2019). Cases of Fall Army Worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Attack on Maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v2i1.23013>
- Mukkun, L., Kleden, Y. L., & Simamora, A. V. (2021). Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) in maize field in East Flores District , East Nusa Tenggara Province , Indonesia. *Intl J Trop Drylands*, 5(1), 20–26. <https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t050104>
- Nurzannah, S. E., Girsang, S. S., Girsang, M. A., & Effendi, R. (2020). Impact of climate change to fall armyworm attack on maize in Karo District, North Sumatera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012111>
- Putra, I. L. I., & Khotimah, K. (2021). Life cycle *Spodoptera frugiperda* JE Smith with lettuce (*Lactuca sativa* L.) and pakcoy (*Brassica rapa* L.) in the laboratory. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 2(1), 8–13. <https://doi.org/10.19184/jptt.v2i1.21459>
- Rodríguez-Roa, A., Arce-Barboza, B., Boshell-Villamarin, F., & Barreto-Triana, N. (2019). Effect of climate variability on *Collaria scenica* (Hemiptera: Miridae) on the bogota plateau. *Agronomia Colombiana*, 37(1), 37–51. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n1.75954>
- Sari, S. P., Suliansyah, I., Nelly, N., & Hamid, H. (2021). The occurrence of *Spodoptera frugiperda* attack on maize in West Pasaman District, West Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 741(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/741/1/012020>
- Sartiani, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., & Anwar, R. (2020). First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>
- Sofyan, D. A., Koesmaryono, Y., & Hidayati, R. (2019). Analisis pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* Stål) yang tertangkap lampu perangkap. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.5994/jei.16.1.1>
- Supawan, J., & Chongrattanameteekul, W. (2017). Influence of humidity, rainfall, and fipronil toxicity on rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis*). *ScienceAsia*, 43(2), 82–87. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2017.43.082>
- Tepa-yotto, G. T., Tonnang, H. E. Z., Goergen, G., Subramanian, S., Kimathi, E., Abdel-rahman, E. M., Flø, D., Thunes, K. H., Fiaboe, K. K. M., Niassy, S., Bruce, A., Mohamed, S. A., Tam, M., Ekesi, S., & Sæthre, M. (2021). *Global Habitat Suitability of Spodoptera frugiperda* (JE Smith).
- Trisyono, Y. A., Suputa, S., Aryuwandari, V. E. F., Hartaman, M., & Jumari, J. (2019). Occurrence of Heavy Infestation by the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*, a New Alien Invasive Pest, in Corn Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(1), 156. <https://doi.org/10.22146/jpti.46455>

