

Morphometric Anatomical Points of Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis* Complex) using Generalized Procrustes Analysis Model

Ishmah Humaidatul Aminah Zaim Alyaminy¹, Khaerul Ihwan^{1*}, Dwi Kartika Risfianty¹, Baiq Naili Dewi Atika¹, Irna Il Sanuriza¹, Pahmi Husain¹, Muhammad Shohibul Ihsan¹, Irfan Jayadi²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : April 28th, 2024

Revised : May 10th, 2024

Accepted : June 14th, 2024

*Corresponding Author:

Khaerul Ihwan, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Indonesia

Email:

k.ihwan@unwmataram.ac.id

Abstract: This study aims to analyze the morphometric anatomical wings of the fruit fly *Bactrocera dorsalis* Complex. The species used in this study consisted of 11 (eleven) species. The analysis technique of the wings of *Bactrocera dorsalis* Complex, i.e. the right wing of each individual was analyzed using Morphometric landmarks with 15 anatomical points. Digital images of wings are scaled in size and scale using Adobe Photoshop CS3 software. The results of anatomical point digitization are processed into MorphoJ software v. 1.06b. Digitization data of anatomical points of wing shape was collected using Generalized Procrustes Analysis (GPA). The results of the Canonical Variate Analysis (CVA) showed that there was a grouping of each species. The grouping of *Bactrocera dorsalis* complex wing types is based on the similarity of the percentage of cumulative values of CVA1 and CVA2 tests. Groups *B. carambolae*, *B. minuscula*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. floresiae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp. 23, *Bactrocera* sp. 25, and *Bactrocera* sp. 26 grouped because they have similarities in wing venation. The difference in wing venation is found in *Bactrocera* sp. 27 and *B. sumbawaensis* because they are far from the group *B. carambolae*, *B. minuscula*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. floresiae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp. 23, *Bactrocera* sp. 25, and *Bactrocera* sp. 26.

Keywords: Anatomical, *Bactrocera dorsalis* Complex, Generalized Procrustes Analysis, Morphometric.

Pendahuluan

Lalat buah (*Bactrocera* sp.) salah satu hama utama pada tanaman hortikultura. *Bactrocera* sp. termasuk Ordo Diptera, famili Tephritidae, memiliki arti penting dalam budidaya tanaman buah-buahan dan sayuran. Secara khusus, lalat buah menyebabkan kerusakan serta berpotensi menurunkan produksi buah (Sartika *et al.*, 2022). Beberapa jenis lalat buah teridentifikasi menyerang tanaman jambu biji, yaitu, *Bactrocera umbrosus*, *Bactrocera carambolae*, *Bactrocera papayae* dan *Bactrocera albistrigata* (Hasyim *et al.*, 2008;

Sari *et al.*, 2017). Buah yang diserang lalat buah menjadi berulat dan busuk sehingga dapat menghilangkan mutu buah. Sedangkan tanaman yang terserang tidak terganggu dan akan tetap berbunga dan berbuah pada tahun berikutnya (Manullang *et al.*, 2020).

Genus *Bactrocera*, terdiri dari minimal 440 spesies (Drew *et al.*, 2022), yang tersebar di seluruh Asia tropis, Australia, dan Pasifik Selatan (Zeng *et al.*, 2019, Liu *et al.*, 2019). *Bactrocera* memiliki toleransi iklim yang besar, dan kemampuan penyebaran yang kuat menyebabkan genus ini tersebar dengan cepat di kawasan Asia Pasifik, mencakup seluruh Asia

Tenggara dari India ke Hawaii (Zeng *et al.*, 2019). Lalat buah oriental, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), diakui sebagai hama lalat buah yang merusak dan persisten. *B. dorsalis* menginfeksi lebih dari 250 spesies tanaman inang (Aketarawong *et al.*, 2014, Meng *et al.*, 2019)., termasuk pada tanaman mangga (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae), pisang (*Musa* spp., Musaceae), jambu biji (*Psidium guajava* L., Myrtaceae), jeruk (*Citrus* spp., Rutaceae), pepaya (*Carica papaya* L., Caricaceae), persik (*Prunus persica* (L.) Batsch, Rosaceae), anggur (*Vitis* spp., Vitaceae), delima (*Punica granatum* L., Lythraceae), leci (*Litchi chinensis* Sonn., Sapindaceae), dan lengkung (*Dimocarpus longan* Lour., Sapindaceae) (Mutamiswa *et al.*, 2021, Zhu *et al.*, 2022)

Sejumlah penelitian telah mendokumentasikan kerusakan ekonomi yang disebabkan oleh *B. dorsalis*. Kerugian ekonomi yang signifikan disebabkan kerusakan buah oleh *B. dorsalis*, mempengaruhi 30% hingga 100% buah, tergantung pada musim. Selain penurunan hasil, *B. dorsalis* juga menyebabkan penurunan kualitas buah-buahan, menyebabkan masalah phytosanitary dan memicu pembatasan perdagangan, sehingga memperparah kerugian ekonomi (Dhillon *et al.*, 2005). Selain itu, *Bactrocera dorsalis* dan *Bactrocera umbrosa* (Fabricus) juga ditemukan sebagai hama pada tanaman cabai (Manoi *et al.*, 2016).

Lalat *Bactrocera dorsalis* Kompleks memiliki ciri yang hampir sama, sehingga saat melakukan identifikasi terkadang sulit untuk membedakan khususnya pada bagian kepala (kaput), dada (thorax), badan (abdomen), sayap (wing), dan kaki (tibia dan femur). Oleh karena itu, analisis morfometrik untuk menentukan suatu spesies perlu dilakukan. Salah satu mode yang dilakukan adalah dengan melakukan identifikasi titik anatomis sayap *B. dorsalis*. Identifikasi morfometrik sayap lalat buah *B. dorsalis* belum banyak dilakukan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi titik anatomis sayap *B. dorsalis* Complex.

Bahan dan Metode

Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Dasar Biologi, *Fakultas* Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan terdiri dari kamera Canon EOS 60D, dan beberapa perangkat lunak yang terdiri dari Adobe *Photoshop* CS3, tpsUtil v. 1.58, dan tpsDig v. 2.17, dan MorphoJ v. 1.06b. Bahan yang digunakan terdiri dari 29 spesimen awetan lalat buah *B. dorsalis* yang diambil dari Kabupaten Sumbawa Barat dan Kabupaten Lombok Barat. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*.

Prosedur penelitian

Sayap kanan bagian depan *B. dorsalis* kompleks dipotong menggunakan gunting (*set sectio*) dan diletakkan pada kaca preparat menggunakan kuas kemudian ditutup dengan *cover glass*. Pengambilan fotografi digital sayap dilakukan dengan menggunakan kamera Canon EOS 60D, dengan lensa makro. Gambar digital sayap disamakan ukuran dan skalanya menggunakan perangkat lunak Adobe *Photoshop* CS3. Kemudian gambar digital diproses dalam tpsUtil v. 1.58 (Rohlf, 2013) agar gambar digital dapat diubah dalam bentuk *TPS file*.

Analisis statistik

Hasil digitasi titik anatomis diolah ke dalam perangkat lunak MorphoJ v. 1.06b (Klingenberg, 2011) untuk menganalisis bentuk sayap. Untuk mengutip data digitasi titik anatomis bentuk sayap menggunakan *Generalized Procrustes Analysis* (GPA). GPA merupakan metode untuk memperkecil jumlah jarak kuadrat antara titik-titik anatomis yang homolog dengan menerjemah, merotasi dan menyetarakan skala untuk mendapatkan bentuk yang sesuai (Rohlf and Slice, 1990 *dalam* Cucchi *et al.*, 2011). Setelah analisa *Procrustes fit*, dilakukan *canonical variate analysis* (CVA). CVA digunakan untuk analisis dan uji perbedaan antar populasi atau kelompok yang ada (Sadeghi, & Maleki, 2019). *Grid* deformasi *Thin-Plate Spline* (TPS) dihasilkan untuk menggambarkan perbedaan bentuk sayap.

Hasil dan Pembahasan

Morfologi *Bactrocera dorsalis*

Morfologi serangga dewasa (imago) *B. dorsalis*. berukuran 5,34 mm pada bagian depan

kepala terdapat sepasang spot hitam bundar berukuran medium, skutum hitam dengan area bidang berwarna coklatmerah sampai coklat muda dan di belakang memiliki pita postsutural lateral, mengelilingi sutura mesonotal, diantara cuping postpronotal dan notopluera, cuping postpronotal masuk ke dalam, cuping postpronotal dan notopluera berwarna kuning, strip mesopleural menguat ke arah tengah margin anterior dari notopleuron dan seta dorsal (Setlight et al., 2019). Morfologi spesies *Bactrocera dorsalis* Kompleks sebagai ditunjukkan pada Gambar 1.



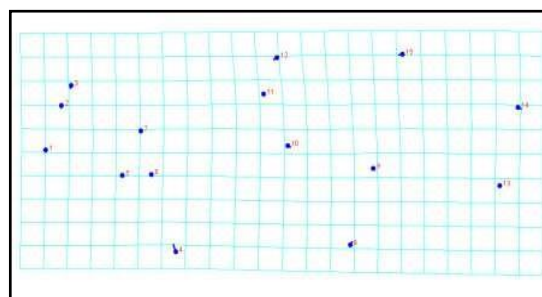
Gambar 1. *Bactrocera dorsalis* (Sawar, 2020)

Klasifikasi *B. dorsalis* Kompleks antara lain (Bisby et al., 2011);

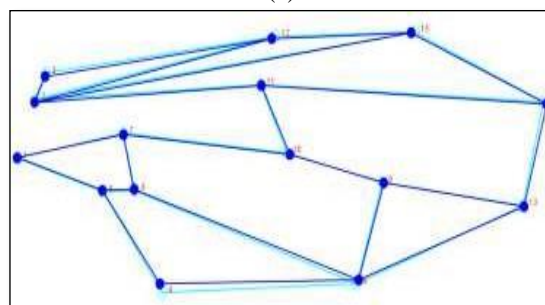
Kerajaan : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Diptera
 Famili : Tephritidae
 Species : *Bactrocera dorsalis*

Morfometerik Sayap Anatomis *B. dorsalis* kompleks

B. dorsalis kompleks yang dianalisis terdiri dari dua puluh sembilan spesimen sayap kanan dari *B. dorsalis* kompleks. Titik-titik anatomis yang didigitasi pada urat sayap di cabang atau di perpotongan tepi sayap pada masing-masing spesies memiliki pola yang dapat diamati. *Grid* deformasi sayap *B. dorsalis* kompleks dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) *Grid* deformasi *canonical variate* (CV) sumbu pertama (CV1) bentuk sayap, (b) *Outline* rata-rata sayap menunjukkan deformasi bentuk CV1.

Canonical variate analysis (CVA)

Canonical variate analysis (CVA) dapat menjelaskan perbedaan berdasarkan 2 (dua) parameter atau lebih sehingga dapat diketahui persentase keragamannya. *Canonical variate analysis* (CVA) menghasilkan sepuluh *canonical variate*. Persentase jumlah CV1 (73,4%) dan CV2 (12,3%) sebesar 85,7% yang menggambarkan variasi yang dimiliki seluruh sampel yang diuji. Hasil uji CVA secara detail disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Canonical Variate Analysis* (CVA)

	Eigenvalues	% Variance	% Cumulative
1.	73,76	73,42	73,42
2.	12,41	12,35	85,77
3.	5,47	5,45	91,23
4.	2,90	2,88	94,12
5.	2,25	2,24	96,36
6.	1,57	1,57	97,93
7.	0,98	0,98	98,92
8.	0,63	0,62	99,55
9.	0,30	0,30	99,85
10.	0,14	0,14	100,0

Jarak *Mahalanobis* digunakan untuk membandingkan perbedaan morfometrik di antara pusat luasan kelompok populasi (Khamis et al., 2012). Jarak *Mahalanobis* antara *B. floresiae* dan *B. minuscula* (4,76), *B. philippinensis* dan *B. carambolae* (7,49), kemudian *B. occipitalis* dan

B. papayae (6,19) (Tabel 2). *B. sumbawaensis* dengan *Bactrocera* sp. 27 (41,15) memiliki jarak terbesar, sedangkan jarak terkecil antara *B. carambolae* dan *B. minuscula* (4,73). Secara detail data dapat dilihat pada Tabel 2.

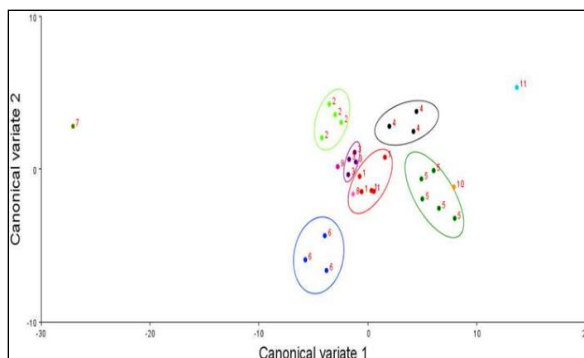
Tabel 2. Jarak *Mahalanobis* antar Kelompok Spesies

	<i>B.car</i>	<i>B.flo</i>	<i>B.min</i>	<i>B.occ</i>	<i>B.pap</i>	<i>B.phi</i>	<i>B.sp.23</i>	<i>B.sp.25</i>	<i>B.sp.26</i>	<i>B.sp.27</i>
<i>B.flo</i>	6,64									
<i>B.min</i>	4,73	4,76								
<i>B.occ</i>	6,14	8,37	6,56							
<i>B.pap</i>	6,92	11,13	8,52	6,19						
<i>B.phi</i>	7,49	9,27	7,29	12,20	11,51					
<i>B.sp.23</i>	5,23	7,21	4,87	8,40	9,33	6,87				
<i>B.sp.25</i>	6,55	6,77	5,23	8,18	10,49	7,74	7,09			
<i>B.sp.26</i>	11,53	14,97	11,90	8,72	7,03	15,30	12,34	13,89		
<i>B.sp.27</i>	15,47	17,89	16,74	11,60	11,03	21,53	17,65	18,48	12,33	
<i>B.sum</i>	28,24	24,97	26,54	31,00	33,75	24,82	27,27	25,60	35,56	41,15

Keterangan: *B. car* = *B. carambolae*; *B. flo* = *B. floresiae*; *B. min* = *B. minuscula*; *B. occ* = *B. occipitalis*; *B. pap* = *B. papayae*; *B. phi* = *B. philippinensis*; *B. sum* = *B. sumbawaensis*; *B. sp. 23* = *Bactrocera* sp. 23; *B. sp. 25* = *Bactrocera* sp. 25; *B. sp. 26* = *Bactrocera* sp. 26; dan *B. sp. 27* = *Bactrocera* sp. 27

Plot CVA *B. dorsalis*

B. carambolae berkumpul (berada dalam satu lingkaran) dengan *Bactrocera* sp. 23 sedangkan *B. minuscula*, *B. floresiae*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. philippinensis*, *B. sumbawaensis*, *Bactrocera* sp. 25, *Bactrocera* sp. 26, dan *Bactrocera* sp. 27 terpisah. Letak spesies *B. carambolae*, *B. floresiae*, *B. minuscula*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp. 23, *Bactrocera* sp. 25 dan *Bactrocera* sp. 26 berdekatan. Hal ini dapat diartikan bahwa sembilan spesies tersebut memiliki kesamaan pada morfologi sayap (Gambar 3). Hasil CV1 dan CV2 menunjukkan pola yang terpisah antar kelompok ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot CVA *B. dorsalis* kompleks berdasarkan bentuk sayap. Lingkaran merah (● 1, *B. carambolae* sampel nomor 1-5 dan ● 8, *B. sp. 23* sampel nomor 26); lingkaran hijau muda (● 2, *B. floresiae* sampel nomor 6-9); lingkaran ungu (● 3, *B. minuscula* sampel nomor 10-13); lingkaran hitam (● 4, *B. occipitalis* sampel nomor 14-16); lingkaran hijau tua (● 5, *B. papayae* sampel nomor 17-21), lingkaran biru tua (● 6, *B. philippinensis* sampel nomor 22-24); lingkaran hijau lumut (● 7, *B. sumbawaensis* sampel nomor 25); lingkaran magenta (● 9, *B. sp. 25* sampel nomor 27); lingkaran oranye (● 10, *B. sp. 26* sampel nomor 28); dan lingkaran biru muda (● 11, *B. sp. 27* sampel nomor 29).

Pembahasan

Morfometrik Titik Anatomis Sayap *B. Dorsalis* Kompleks

Analisis morfometrika titik–titik anatomis sayap *B. dorsalis* kompleks disajikan dalam bentuk *plot canonical variate*. Hasil *plot canonical variate* menunjukkan adanya pengelompokan (*cluster*) dari populasi *B. carambolae* dengan *Bactrocera* sp. 23; *B. floresiae*; *B. minuscula*; *B. occipitalis*; *B. papayae*; *B. philippinensis*; *B. sumbawaensis*; *Bactrocera* sp. 25; *Bactrocera* sp. 26; dan *Bactrocera* sp. 27. Populasi *B. carambolae*, *B.*

minuscule, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. floresiae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp. 23, *Bactrocera* sp. 25, dan *Bactrocera* sp. 26 letaknya berdekatan atau mengelompok sedangkan *Bactrocera* sp. 27 dan *B. sumbawaensis* tidak mengelompok.

Analisis Canonical Variate (CVA)

Hasil analisis *canonical variate* menunjuk *Bactrocera* sp. 23 mengelompok dengan populasi *B. carambolae*. Dari analisis tersebut, *Bactrocera* sp. 23 diduga kuat merupakan *B. carambolae*. Hal ini dimungkinkan karena dalam satu *cluster* *Bactrocera* sp. 23 memiliki kemiripan morfologi venasi sayap dengan *B. carambolae*. Menurut Clifford & Stephenson (1975) dalam Fanani (2012), jika beberapa populasi menempati *cluster* yang sama, maka spesies (individu ataupun populasi) tersebut memiliki ciri morfologi yang hampir sama. Kedekatan antar populasi diperlihatkan oleh jarak antar keduanya yaitu sebesar 5,23.

Bactrocera sp. 25 terletak sangat dekat dengan populasi *B. minuscule*. Hal ini dimungkinkan karena adanya kemiripan venasi sayap *Bactrocera* sp. 25 dengan *B. minuscule*. Kedekatan antar populasi diperlihatkan oleh jarak antar keduanya yaitu sebesar 5,23. *Bactrocera* sp. 26 memiliki kemiripan venasi sayap dengan *B. papayae* karena berada dekat dengan populasi *B. papayae*. Jarak *Mahalanobis* *Bactrocera* sp. 26 dengan *B. papayae* sebesar 7,03, menunjukkan adanya kedekatan atau kemiripan morfologi venasi sayap antar kedua populasi. *Bactrocera papayae* memiliki ciri morfologi yang hampir mirip dengan *Bactrocera carambolae*, namun demikian jika diteliti lebih dalam terdapat perbedaan. Perbedaan terdapat pada bagian spot kepala, pita pada toraks, pola pada sayap, pola berbentuk T pada abdomen. Menurut Ginting (2007), spesies yang banyak ditemukan adalah *Bactrocera carambolae* dan *Bactrocera papayae* merupakan spesies lalat buah yang populasinya paling melimpah di suatu daerah. Kejadian tersebut disebabkan karena kedua spesies tersebut bersifat polifag yang dapat memanfaatkan berbagai jenis tanaman buah-buahan sebagai inang yang ketersediaannya berlimpah sepanjang waktu.

B. sumbawaensis tidak mengelompok dengan *B. dorsalis* kompleks lainnya sehingga dapat dikatakan bahwa morfologi sayap *B.*

sumbawaensis berbeda dengan *B. dorsalis* kompleks yang lain. Perbedaan bentuk sayap pada *B. sumbawaensis* dapat dipengaruhi oleh adanya perbedaan ukuran sayap dan model venasi dengan spesies *B. dorsalis* kompleks yang lain. Menurut Aytekin *et al.* (2007), perubahan (perbedaan) ukuran sayap dan model venasi mempengaruhi pengukuran morfometri. Nilai jarak *Mahalanobis* dimana jarak *B. sumbawaensis* dengan *B. dorsalis* kompleks lainnya tinggi (Tabel 3). Demikian juga dengan *Bactrocera* sp. 27 yang letaknya tidak berdekatan atau mengelompok dengan *B. dorsalis* kompleks yang lain. *Bactrocera* sp. 27 memiliki morfologi venasi sayap yang berbeda. *Bactrocera dorsalis* Kompleks ini bersifat polifaga (polifagus), menyerang lebih dari 20 jenis buah-buahan antara lain belimbing, jeruk, mangga, pepaya, sukun, nangka, jambu batu, jambu air, dan ketapang yang telah masak (Kalshoven, 1981). Dua anggota dari *Bactrocera dorsalis* Kompleks ini memiliki hubungan taksonomi yang sangat erat yaitu *Bactrocera carambolae* dan *Bactrocera papayae*. Kedua spesies tersebut merupakan klasifikasi ulang dan dinyatakan sebagai spesies baru (Drew dan Hancock, 1994).

Kesimpulan

Analisis morfometrik venasi sayap dapat digunakan untuk melihat kemiripan pada *Bactrocera dorsalis* kompleks. Populasi *B. carambolae*, *B. minuscule*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. floresiae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp 23, *Bactrocera* sp 25, dan *Bactrocera* sp 26 mengelompok karena memiliki kemiripan pada venasi sayap. Perbedaan venasi sayap terdapat pada *Bactrocera* sp 27 dan *B. sumbawaensis* karena berada jauh dari kelompok *B. carambolae*, *B. minuscule*, *B. occipitalis*, *B. papayae*, *B. floresiae*, *B. philippinensis*, *Bactrocera* sp 23, *Bactrocera* sp 25, dan *Bactrocera* sp 26.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang ikut serta dalam kegiatan penelitian dari awal hingga akhir.

Referensi

- Aketarawong, N., Guglielmino, C. R., Karam, N., Falchetto, M., Manni, M., Scolari, F., & Malacrida, A. R. (2014). The oriental fruitfly *Bactrocera dorsalis* ss in East Asia: disentangling the different forces promoting the invasion and shaping the genetic make-up of populations. *Genetica*, 142, 201-213.
- Aytekin, A.M., M. Terzo, P. Rasmont and N. Çağatay. (2007). Landmark Based Geometric Morphometric Analysis of Wing Shape in *Sibiricobombus* Vogt (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latreille). *Annales de la Société Entomologique de France* 43 (1): 95-102. <https://doi.org/10.1080/00379271.2007.10697499>.
- Bisby F.A., Roskov Y.R., Orrell T.M., Nicolson D., Paglinawan L.E., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., Baillargeon G., Ouvrard D. (red.) (2011). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2011 Annual Checklist*. Species 2000: Reading, UK.
- Cucchi, T., Hulme-Beaman, A., Yuan, J., & Dobney, K. (2011). Early Neolithic pig domestication at Jiahu, Henan Province, China: clues from molar shape analyses using geometric morphometric approaches. *Journal of Archaeological Science*, 38(1), 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.024>.
- Dhillon, M. K., Singh, R., Naresh, J. S., & Sharma, H. C. (2005). The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: A review of its biology and management. *Journal of insect science*, 5(1), 40. <https://doi.org/10.1093/jis/5.1.40>.
- Drew, R. A. I., & Hancock, D. L. (2022). Biogeography, speciation and taxonomy within the genus *Bactrocera* Macquart with application to the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae). *Zootaxa*, 5190(3), 333-360.
- Fanani, A.F., W. Novarino dan D.H. Tjong. 2012. Variasi Morfologi *Arachnothera longirostra* (Passeriformes, Nectariniidae) (Latham, 1790). *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 1 (1):78-85.
- Ginting, R. (2007). Keanekaragaman Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) di Jakarta, Depok dan Bogor sebagai bahan kajian Penyusunan Analisis Resiko Hama. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Huan, L. I. U., Zhang, D. J., Xu, Y. J., Lei, W. A. N. G., Cheng, D. F., QI, Y. X., & Yongyue, L. U. (2019). Invasion, expansion, and control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(4), 771-787. DOI: 10.1016/s2095-3119(18)62015-5
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, 11(2), 353-357. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>
- Manoi, E., Rimbing, J., & Memah, V. (2016). Jenis dan populasi lalat buah (*Bactrocera* sp.) pada tanaman cabai keriting (*Capsicum annum* L.) di Kota Tomohon. In *Cocos* 7(6). 1-12.
- Manullang, H. F., Marbun, V. E., & Nurjannah, I. S. (2020). Uji Efektivitas Air Perasan Daun Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia* Swingle.) Sebagai Pestisida Nabati Terhadap Lalat Buah Tahun 2020. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 2(1), 121-126. DOI: <https://doi.org/10.36656/jikm.v2i1.444>.
- Meng, L. W., Yuan, G. R., Lu, X. P., Jing, T. X., Zheng, L. S., Yong, H. X., & Wang, J. J. (2019). Two delta class glutathione S-transferases involved in the detoxification of malathion in *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Pest management science*, 75(6), 1527-1538. <https://doi.org/10.1002/ps.5318>
- Mutamiswa, R., Nyamukondiwa, C., Chikowore, G., & Chidawanyika, F. (2021). Overview of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)(Diptera: Tephritidae) in Africa: From invasion, bio-ecology to sustainable management. *Crop Protection*, 141, 105492. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105492>.
- Rohlf, F.J. (2013). tpsUtil, version 1.58. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, New-York.

- Sadeghi, S., & Maleki, A. (2019). Adaptive canonical correlation analysis for harmonic stimulation frequencies recognition in SSVEP-based BCIs. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 27(5), 3729-3740. DOI: 10.3906/elk-1805-32.
- Sari, D. W., Azwana, A., & Pane, E. (2017). Hama lalat buah (*Bactrocera dorsalis* Hendel) dan preferensi peletakan telur pada tingkat kematangan buah belimbing di Desa Tiang Layar Kecamatan Pancur Batu Sumatera Utara. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 1(2), 102-110. DOI: 10.31289/agr.v1i2.1128
- Sartika, W. D., Ginting, S. B., & Afriyanto, D. (2022, December). Distribusi Lalat Buah *Bactrosera* sp.(Diptera: Tephritidae) Pada Buah Jambu Biji di Kota Bengkulu. In *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman*. 128-144.
- Sarwar, M. (2020). Typical flies: Natural history, lifestyle and diversity of Diptera. In *Life Cycle and Development of Diptera*. Intech-Open.
- Setlight, M. D., Meray, E. R., & Lengkong, M. (2019). Jenis Dan Serangan Hama Lalat Buah (*Bactroceradorsalis*) Pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*. L) Di Desa Taraitak Kecamatan Langowan Utara Kabupaten Minahasa. In *Cocos* 2(6).1-8, DOI: <https://doi.org/10.35791/cocos.v2i6.25768>.
- Wahyuni, S. dan Petrus, B. D. (2018). Aplikasi Beberapa Ekstrak Tanaman sebagai Bahan Perangkap Lalat Buah (*Bactrocera* sp.). *J Agrica*, 11(2), 95-104. DOI: <https://doi.org/10.37478/agr.v11i2.51>.
- Zhu, Y., Qi, F., Tan, X., Zhang, T., Teng, Z., Fan, Y., & Zhou, H. (2022). Use of age-stage, two-sex life table to compare the fitness of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) on northern and southern host fruits in China. *Insects*, 13(3), 258. <https://doi.org/10.3390/insects13030258>