

Potensi penggunaan diet tiruan dalam pengendalian pemeliharaan ulat ratus *fall armyworm* (FAW) secara massa

[Potential applications of artificial diets in mass rearing of fall armyworm (FAW)]

Nurin Izzati Mohd Zulkifli, Ainnur Arina Roslan, Hidayah Yahya dan Siti Noor Aishikin Abdul Hamid

Pengenalan

Ulat ratus *fall armyworm* (FAW) atau nama saintifiknya *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), berasal dari kawasan tropika dan kawasan subtropika di benua Amerika. Sejak kebelakangan ini, FAW telah menjadi perosak pertanian global. Nama spesies *frugiperda* yang berasal daripada perkataan Latin iaitu *frugis* dan *perdere* yang masing-masing bermaksud “buah” dan “hilang/musnah”. Tabiat pemakanan larva FAW yang memakan dan menyerang pelbagai jenis tanaman sehingga menyebabkan kerosakan dan kemusnahan tanaman kontan komersial seperti jagung, padi, gandum, tebu, kapas dan kacang soya. Selain itu, kebolehan individu betina dewasa FAW untuk terbang sehingga 100 km dalam satu malam menyumbang kepada faktor kejayaannya sebagai perosak invasif utama dunia. Dianggarkan Amerika Syarikat kehilangan hasil purata tahunan sebanyak USD60 juta antara tahun 1975 – 1983 akibat infestasi FAW. Manakala, infeksi yang sama mengakibatkan 12 buah negara utama Afrika mengalami kerugian sebanyak USD1 – 4.6 bilion setahun bagi pengeluaran jagung. Di Malaysia, FAW mula dikesan memusnahkan tanaman jagung di Chuping Perlis pada Februari 2019 dan dikesan di seluruh Malaysia pada tahun 2020. Jumlah kawasan terjejas akibat serangan FAW dianggarkan seluas 246.35 hektar dengan peratus kerosakan antara 50 – 100% melibatkan jagung yang ditanam kurang daripada 40 hari.

Serangan FAW pada tanaman jagung boleh dikawal menggunakan kaedah Pengurusan Perosak Bersepadu (PPB). Namun, Pengurusan Perosak Bersepadu (PPB) yang berkesan bagi mengawal serangan FAW bermula dari pelbagai kajian di peringkat makmal dan rumah kaca. Sebagai contoh, kajian bio-asai bagi menentukan keberkesanan bahan aktif racun kimia atau agen kawalan biologi terhadap FAW memerlukan bekalan FAW yang sihat dan berterusan menggunakan kaedah pemeliharaan secara massa. Pelbagai jenis diet semula jadi boleh digunakan dalam pemeliharaan FAW secara massa seperti jagung, padi, sorgum, rumput napier dan sayuran. Penggunaan daun atau kernel jagung didapati meningkatkan kesuburan dan *survival* setiap peringkat FAW serta tempoh perkembangannya yang lebih singkat. Namun, penggunaan diet semula jadi dalam pemeliharaan FAW secara massa adalah rumit kerana diet semula jadi perlu ditukar selang

dua atau tiga hari bagi menjamin kebersihan dan mengelakkan jangkitan penyakit. Selain itu, saiz larva dan pupa yang terhasil adalah tidak seragam.

Oleh itu, pemeliharaan FAW secara massa menggunakan diet tiruan merupakan pilihan kedua yang perlu dipertimbangkan. Pelbagai kajian mendapati penggunaan diet tiruan dalam pemeliharaan serangga menghasilkan serangga yang lebih seragam, bersih dan mudah dikendalikan. Selain memudahkan aktiviti pemeliharaan serangga secara massa, penggunaan diet tiruan juga dapat memberi maklumat yang mendalam mengenai keperluan nutrisi pelbagai jenis serangga. Kebiasaannya diet tiruan digunakan dalam pemeliharaan secara massa serangga perosak Lepidoptera. Namun, serangga bermanfaat seperti serangga pemangsa boleh juga dibiakkan secara massa menggunakan diet tiruan. Misalnya, pembangunan diet tiruan berasaskan daging bagi pembiakan serangga *Geocoris punctipes* yang merupakan pemangsa kepada lalat putih.

Di Makmal Insektori MARDI, diet tiruan telah digunakan bagi memelihara beberapa jenis serangga perosak sayuran krusifer seperti ulat ratus (*Spodoptera litura*), ulat *Plutella* (*Plutella xylostella*), ulat jantung kubis (*Crociodolamia pavonana*) dan ulat jalur (*Hellula undalis*). Dalam kajian ini, perkembangan FAW yang diberikan diet tiruan dibandingkan dengan diet semula jadi bagi kaedah pemeliharaan FAW secara massa yang efektif.

Penyediaan serangga FAW

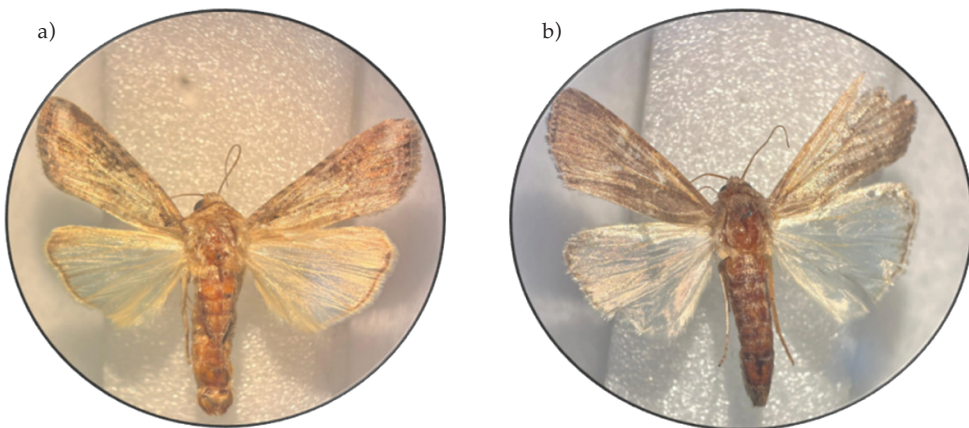
Dalam kajian ini, telur FAW yang berusia satu hari diperoleh daripada koloni FAW yang dipelihara menggunakan daun dan kernel jagung sebagai makanan semula jadi di Makmal Insektori, Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran MARDI (*Gambar 1*). Telur yang diperoleh dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu kumpulan diet tiruan dan diet jagung. Larva FAW (*Gambar 2*) dibiarkan berkembang menjadi pupa mengikut kumpulan masing-masing. Rama-rama dewasa FAW (*Gambar 3*) yang muncul daripada kedua-dua kumpulan diberi larutan madu 10% pada bebola kapas sebagai sumber makanan. Suhu Makmal Insektori ditetapkan pada 25 – 28 °C dan kelembapan relatif dikekalkan sekitar 60 – 70%.



Gambar 1. Telur yang dihasilkan oleh rama-rama betina FAW yang digunakan dalam kajian



Gambar 2. Larva FAW



Gambar 3. (a) Dewasa FAW jantan dan (b) Dewasa FAW betina

Penyediaan diet semula jadi (diet jagung) dan diet tiruan

Sebanyak dua jenis makanan FAW digunakan dalam kajian ini iaitu diet semula jadi (kernel jagung manis) dan diet tiruan berdasarkan Greene et al., 1976 dengan beberapa modifikasi. Bagi diet semula jadi, jagung manis dibeli dari pasaran tempatan. Setiap tongkol jagung dibersihkan dan dipastikan bebas daripada residu racun bagi mengelakkan larva mati akibat keracunan. Manakala bagi diet tiruan, senarai bahan dan komposisinya disenaraikan seperti dalam *Jadual 1* dan kaedah pembuatan disertakan seperti dalam *Carta alir 1*.

Uji kaji perbandingan diet jagung dan diet tiruan terhadap pertumbuhan serta perkembangan larva FAW

Bagi kumpulan diet tiruan, neonat (larva instar 1) yang menetas pada hari yang sama diletakkan secara berkumpulan dalam cawan polisterin pemeliharaan yang mengandungi sebanyak ± 2 g diet tiruan sehingga menjadi larva instar 3. Selepas menjadi larva instar 3, setiap larva diasingkan ke dalam bekas berasingan bersama dengan diet tiruan bagi mengurangkan berlakunya kanibalisme. Cawan polisterin yang telah dibuat lubang, ditutup dengan tisu yang telah disteril. Proses larva menjadi pupa dibiarkan berlaku di dalam cawan polisterin diet tiruan tersebut.

Jadual 1. Bahan-bahan dan komposisi bagi diet tiruan FAW

Bahan diet tiruan	Komposisi (g)
Bahan A	
Tepung kacang kuda	75 g
Germa gandum	30 g
Protein soya	30 g
Kasein	30 g
<i>Yis brewer</i>	37.5 g
Bahan B	
Agar	22.5 g
Air	1,200 mL
Bahan C	
Asid askorbik (vitamin C)	3.96 g
Asid sorbik	1.98 g
Tetrasiklin (antibiotik)	0.1 g
Metil paraben	3.3 g
Vitamin kompleks	9.9 g

Manakala bagi kumpulan diet jagung, neonat diletakkan ke dalam satu bekas yang mengandungi daun segar selama 24 jam sebelum ditukar kepada butiran jagung sehingga bertukar ke instar 3. Apabila bertukar ke instar 3, sebanyak 50 larva turut diambil dan diletakkan di dalam bekas berasingan dan diberi makan 3 – 5 butir jagung. Setiap hari selepas itu, butir jagung segar akan dibekalkan untuk menggantikan yang sebelumnya, manakala piring dibersihkan daripada makanan yang tidak habis dan sisa makanan. Aktiviti ini dilakukan sehingga larva bertukar menjadi pupa.

Parameter biologi FAW bagi kedua-dua kumpulan adalah: 1) tempoh larva, dikira dari hari penetasan hingga menjadi pupa, 2) berat larva setiap peringkat hingga menjadi pupa, 3) tempoh pupa, tempoh tenang hingga dewasa muncul dan 4) berat pupa diambil pada umur 3 hari.



Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat diet tiruan FAW ditimbang dan diasingkan



Agar dilarutkan di dalam air yang dididihkan. Bahan A dimasukkan. Apabila adonan sehati, api dimatikan. Kemudian bahan C dimasukkan.



Bahan-bahan diadun menggunakan mesin pengadun sehingga sehati



Adunan diet tiruan yang telah sehati dimasukkan ke dalam jag air



Adunan diet tiruan dituangkan ke dalam cawan polisterin satu persatu



Diet tiruan dibiarkan sejuk dan mengeras sebelum disimpan di dalam peti sejuk untuk kegunaan seterusnya

Carta alir 1. Cara penyediaan diet tiruan FAW

Kesan perbandingan diet tiruan dan diet jagung terhadap pertumbuhan dan perkembangan larva FAW

Hasil kajian mendapati larva dalam kedua-dua kumpulan iaitu diet tiruan dan diet jagung berjaya berkembang sehingga menjadi pupa (Gambar 4). Ulat FAW yang diberi diet tiruan menunjukkan kadar pertumbuhan yang hampir sama seperti larva yang diberi diet jagung. Ini membuktikan bahawa kedua-dua sumber makanan adalah mencukupi bagi larva berkembang sehingga menjadi pupa. Walau bagaimanapun, tempoh masa perkembangan FAW direkodkan lebih lama pada diet tiruan berbanding dengan diet jagung ($t = 6.32$, $p = 0.00$). Selain itu, tempoh peringkat larva direkodkan lebih lama pada kumpulan diet tiruan berbanding dengan diet jagung ($t = 6.42$, $p = 0.00$). Namun, tiada perbezaan signifikan bagi tempoh pertukaran pupa kepada rama-rama dewasa pada kumpulan diet jagung dan diet tiruan ($t = 0.5$, $p = 0.617$) (Jadual 2). Kuantiti telur yang dihasilkan rama-rama betina FAW daripada kumpulan diet tiruan dan diet jagung adalah lebih kurang sama banyak. Ini adalah berdasarkan pemerhatian terhadap bilangan tompokan telur terhasil. Walau bagaimanapun, data bagi tahap kesuburan dan jangka hayat rama-rama dewasa FAW tidak direkodkan. Namun, sehingga kini generasi FAW daripada diet tiruan di Makmal Insektori telah mencapai generasi ke-12 (F12). Proses pengulangan pemeliharaan ulat ratus FAW boleh diulang sehingga generasi ke-30 (F30) dan perlu dikacukkan semula dengan FAW liar dari lapangan bagi mengelak berlakunya *in-breeding depression*, di mana kebanyakan individu terhasil akan bersaiz kecil, tidak subur dan mempunyai tempoh hayat yang pendek.



Gambar 4. Diet yang telah siap (a) Neonat yang baru menetas akan memakan diet tersebut sehingga menjadi pupa dan (b) Larva FAW yang telah menjadi pupa hasil daripada diet tiruan

Jadual 2. Tempoh perkembangan larva dan pupa FAW yang dipelihara dengan diet tiruan dan diet jagung

Kumpulan	Perkembangan larva (hari ± SD)	Perkembangan pupa (hari ± SD)	Perkembangan keseluruhan (hari ± SD)
Diet tiruan	16.2 ± 3.077 ^a	7.86 ± 0.7001 ^b	24 ± 3.14 ^a
Diet jagung	12.98 ± 1.348 ^b	7.8 ± 0.6061 ^b	20.84 ± 1.646 ^b

Nota. SD = *Standard deviation* (Sisihan piawai)

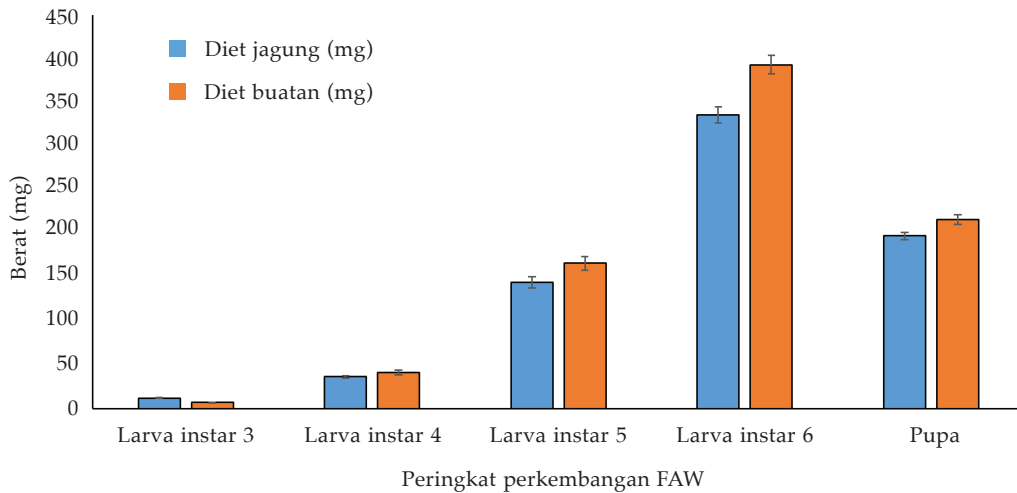
Kesan perbandingan diet tiruan dan diet jagung terhadap berat larva pupa FAW

Berat larva FAW instar 3 yang memakan diet tiruan didapati lebih ringan berbanding dengan larva pada diet jagung ($t = -6.21$, $p = 0.000$). Walau bagaimanapun, berat larva pada diet tiruan meningkat pada peringkat larva 4, 5 ($t = -2.44$, $p = 0.000$) dan 6 ($t = 4.36$, $p = 0.000$) dengan perbezaan signifikan berbanding dengan larva pada diet jagung (*Gambar 5*). Berat pupa FAW didapati lebih tinggi dalam kumpulan diet tiruan tanpa sebarang perbezaan yang signifikan iaitu 216.32 ± 5.68 mg, berbanding dengan kumpulan diet jagung iaitu 215.3 ± 4.16 mg (*Rajah 1*).

Dalam kajian ini, larva daripada kumpulan diet tiruan bertahan dengan baik dan menghasilkan tempoh larva yang hampir sama dengan diet jagung. Tempoh perkembangan keseluruhan FAW adalah lebih panjang menggunakan diet tiruan (24 ± 3.149 hari) berbanding dengan jagung (20.84 ± 1.646 hari). Namun, berat larva FAW instar 4, 5 dan 6 didapati lebih tinggi dalam kumpulan diet tiruan berbanding dengan diet jagung (*Rajah 1*). Pada peringkat awal, larva instar 3 berkemungkinan dalam proses penyesuaian dengan diet tiruan. Ini menyebabkan berat larva instar 3 kumpulan diet tiruan sedikit rendah berbanding dengan kumpulan diet jagung. Namun, setelah larva FAW dapat menerima diet tiruan, tumbesaran yang tinggi iaitu dari segi berat larva telah diperhatikan. Perkara ini juga telah didokumentasikan pada kebanyakan serangga perosak Lepidoptera, termasuk *Helicoverpa armigera* dan *Plodia interpunctella*.

Pelbagai kajian menyatakan diet kurang protein pada serangga mempengaruhi peratus kematian dan berat badan larva, tempoh perkembangan keseluruhan, kadar pembentukan pupa dan nisbah kemunculan dewasa. Jumlah makanan yang digunakan oleh serangga dan atribut pemakanannya, khususnya protein, mungkin mempengaruhi tempoh fasa larva. Penemuan kami mencadangkan bahawa diet tiruan yang dinilai setanding dengan diet semula jadi dan telah membekalkan semua elemen penting dalam nisbah seimbang yang diperlukan untuk pertumbuhan, perkembangan dan pembiakan normal, membolehkan pemeliharaan FAW secara massa dan berterusan dalam persekitaran makmal. Selain penghasilan koloni FAW yang sihat dan berterusan di makmal, kos pemeliharaan secara massa seharusnya ekonomik dan berkesan. Ini kerana diet semula

jadi perlu disediakan secara segar namun mempunyai jangka hayat yang pendek dan memerlukan banyak tenaga kerja untuk disediakan (proses penanaman). Manakala diet tiruan yang telah dimasak boleh disimpan di dalam peti sejuk dan digunakan dalam tempoh 20 – 25 hari. Proses ini menjadikan diet tiruan lebih tersedia dan mudah digunakan. Kajian selanjutnya seperti kesan penggunaan diet tiruan terhadap kelakuan rama-rama dewasa dan fekunditi FAW boleh dilaksanakan.



Rajah 1. Perbandingan berat larva dan pupa mengikut jenis makanan

Kesimpulan

Penggunaan diet tiruan dalam pemeliharaan FAW secara massa dan efektif berjaya dilakukan dalam persekitaran makmal. Diet tiruan bukan sahaja memberi kualiti FAW setanding dengan diet semula jadi, tetapi juga perkembangan larva yang sempurna menjadikan diet tiruan ini sebagai alternatif yang baik bagi membolehkan pemeliharaan besar-besaran serangga secara berterusan di makmal. Selain itu, penggunaan diet tiruan lebih mudah dikendalikan berbanding dengan diet semula jadi.

Penghargaan

Sekalung penghargaan kepada MARDI dan Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (KPKM) atas geran penyelidikan Rancangan Malaysia (RM) ke-12, PRS534. Terima kasih yang tidak terhingga buat pasukan penyelidik di Makmal Insektori, Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran atas komitmen yang tinggi dalam menjayakan kajian ini.

Bibliografi

- Cohen, A. C. (2018). Standards for Effective Insect Rearing Science and Technology Papers. *Advances in Entomology*, 6, 256–284.
- DOA. (2021). *Pelan Tindakan Kawalan Ulat Ratus Fall Armyworm (FAW)*. Jabatan Pertanian Malaysia. Putrajaya: Malaysia.
- Greene G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69, 487–488.
- Hervet, V. A. D., Laird, R. A., & Floate, K. D. (2016). A review of the McMorran diet for rearing Lepidoptera species with addition of a further 39 species. *Journal of Insect Science*, 16(1), 19. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev151>.
- Hong, F., Han, H. L., Pu, P., Wei, D., Wang, J., & Liu, Y. H. (2019). Effects of five host plant species on the life history and population growth parameters of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Insect Science*, 19, 1–8. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez094>.
- Makgoba, M. C., Tshikhudo, P. P., & Makhado, R. A. (2021). Impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (J.E. Smith) on small scale maize farmers and its control strategies in the Limpopo province, South Africa. *Jamba*, 13(1), 1016. Diperoleh dari <https://doi.org/10.4102%2Fjamba.v13i1.1016>.
- Merkx-Jacques, M. A. G. A. L. I., Despland, E., & Bede, J. C. (2008). Nutrient utilization by caterpillars of the generalist beet armyworm, *Spodoptera exigua*. *Physiological Entomology*, 33(1), 51–61. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2007.00604.x>.
- Pinto, J. R. L., Torres, A. F., Truzzi, C. C., Vieira, N. F., Vacari, A. M., & De Bortoli, S. A. (2019). Artificial corn-based diet for rearing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Science*, 19, 2.
- Saiful Zaimi, J., Muhammad Ariff, M. R., Mohd Fuad, M. N., & Mohd Masri, S. (2022). Kaedah pembelaan secara massa ulat ratus 'fall armyworm' (FAW) (*Spodoptera frugiperda*). *Buletin Teknologi MARDI Khas Kawalan Biologi*, 33, 175–183.
- Silva, I. F. D., Baldin, E. L. L., Specht, A., Roque-Specht, V. F., Morando, R., Malaquias, J. V., & Paula-Moraes, S. V. (2020). Role of nutritional composition in the development and survival of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) on artificial diet and natural hosts. *Bulletin of Entomological Research*, 1–13.
- Zhang, P., Liu, F., Mu, W., & Wang, Q. H. (2014). Comparison of *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang reared on artificial diet and different host plants based on an age-stage, two-sex life table. *Phytoparasitica*, 43, 07–120. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0420-7>.

Ringkasan

Ulat ratus, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), adalah serangga perosak invasif yang menyebabkan 50 – 100% kerosakan pada tanaman jagung di Malaysia, tetapi ia juga dibiakkan di makmal untuk tujuan penyelidikan. Pelbagai kajian terhadap FAW sedang giat dilakukan terutamanya menentukan kaedah kawalan yang berkesan, ekonomik dan mesra alam. Pemeliharaan FAW secara massa menggunakan diet semula jadi memerlukan kos yang sederhana dan tenaga kerja yang intensif. Objektif kajian ini adalah untuk menilai perkembangan FAW yang dipelihara menggunakan diet tiruan. Hasil kajian mendapati, FAW yang dipelihara menggunakan diet tiruan mempunyai berat yang lebih tinggi pada larva instar 4, 5 dan 6 berbanding dengan diet semula jadi. Walau bagaimanapun, tempoh perkembangan keseluruhan FAW pada diet tiruan lebih panjang berbanding dengan FAW pada diet jagung. Namun, FAW pada diet tiruan dan diet jagung berjaya berkembang sehingga ke peringkat pupa, muncul dewasa dan menghasilkan telur. Kesimpulannya, formulasi diet tiruan yang dipilih boleh digunakan dalam pemeliharaan secara massa ulat ratus FAW di makmal.

Summary

The fall armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), is an invasive pest that causes 50 – 100% damage to maize crops in Malaysia, but it is also reared in laboratories for research purposes. Various studies on FAW are actively being conducted, particularly to determine effective, economical, and environmentally friendly control methods. Mass rearing of FAW using natural diets involves moderate costs and intensive labour. The objective of this study was to assess the development of FAW reared on artificial diets. The findings revealed that FAW larvae reared on artificial diets had a higher weight at the 4th, 5th, and 6th instar stages compared to those reared on maize diets. However, the overall developmental period of FAW on artificial diets was longer than FAW on maize diets. Nonetheless, FAW reared on both artificial and maize diets successfully developed to the pupal stage, emerged as adults, and produced eggs. In conclusion, the selected artificial diet formulation can be utilized for the mass rearing of FAW in the laboratory.

Pengarang

Nurin Izzati Mohd Zulkifli

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang Selangor

E-mel: nurin.izzati@mardi.gov.my

Ainnur Arina Roslan, Hidayah Yahya dan Siti Noor Aishikin Abdul Hamid
Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang Selangor