

STRATEGI PENGELOLAAN PENYIMPANAN KEDELAI (*Glycine max* L.) TERHADAP SERANGAN KUMBANG KACANG TUNGGAK (*Callosobruchus maculatus*)

(Storage Management Strategy for Soybean (*Glycine max* L.) against Cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus*))

MUTALA'LIAH*, ROBI AZIZ ARIFianto, SUSILO YUDO SARDONO,

Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Jalan Dr. Soeparno No. 63, Karang Bawang, Grendeng, Purwokerto Utara, Banyumas, Jawa Tengah 53122

*E-mail: mutalialiah@unsoed.ac.id

ABSTRACT

Pests and diseases often cause damage to post-harvest commodities. Callosobruchus maculatus is a type of storage insect that damages legume commodities, especially soybeans. This insect cause damage on bean commodities, especially during the storage process. Chemical pesticides are an alternative material which is a quite effective in controlling postharvest pests and diseases. However, pesticide have several side effects on human health and the environment. Therefore, the control action should integrate several compatible methods by applying the principles of integrated of stored product pest management. This review aimed to elaborate various control method to reduce C. maculatus population and increasing soybean productivity. Several techniques regarding on pest control that could be used in controlling C. maculatus comprises of the use of vacuum packaging, storage sanitation, physical control, the use of plant-based pesticides, gamma radiation, and fumigation. By integrating the control techniques, also taking into account in the principal of integrated stored product pest management could be used as a basis of managing stored product pest population in the storage, so that it could suppress the C. maculatus population and reduce the damage on stored commodities both in quality and quantity.

Key words: Bruchid, management, pest, storage

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan pangan di Indonesia didukung dengan adanya pertambahan jumlah penduduk dan permintaan pasar yang semakin tinggi (Akbar *et al.* 2023). Menurut data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022, pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia berkontribusi signifikan terhadap meningkatnya kebutuhan pangan nasional. Selama periode 2020-2022, jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan, mencapai 275 juta jiwa. Pertumbuhan populasi yang pesat menuntut adanya peningkatan produksi dan distribusi pangan untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat secara merata, sekaligus menjadi tantangan bagi sektor pertanian dan distribusi pangan di Indonesia (Zulfa 2016).

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan yang memiliki peran strategis di Indonesia, menempati posisi penting setelah beras dan jagung. Berdasarkan data BPS, kebutuhan nasional kedelai hingga Desember 2023 diperkirakan mencapai 2,7 juta ton. Namun, produksi kedelai domestik masih belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga pemerintah harus mengandalkan impor untuk menutupi kekurangan tersebut (Grace *et al.* 2016). Kegiatan impor seringkali melibatkan proses penyimpanan produk dalam jangka waktu panjang, baik di gudang maupun dalam proses distribusi. Selama proses ini, produk dapat terpapar oleh kondisi lingkungan yang kurang ideal, seperti kelembapan tinggi atau suhu tidak stabil sehingga memicu timbulnya serangan hama dan penyakit pascapanen. Prakash *et al.* (2016) menyebutkan bahwa kerugian selama periode pascapanen dapat mencapai 10%, sementara kerusakan akibat penyimpanan produk diperkirakan sekitar 6%. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penerapan tindakan pengelolaan komoditas yang tepat untuk melindungi kedelai dari serangan hama dan penyakit selama proses pascapanen dan penyimpanan.

Salah satu hama pascapanen utama kacang kedelai adalah *Callosobruchus maculatus*. Fase merugikan dari spesies hama ini adalah fase larva. Larva akan memakan biji yang disimpan

sehingga menyebabkan terjadinya kerugian secara kualitatif maupun kuantitatif (Abdullahi *et al.* 2021). Pengendalian serangan hama ini menjadi fokus pembicaraan penting pada beberapa penelitian. Pencegahan dan pengendalian hama seringkali dilakukan melalui penggunaan pestisida kimia, seperti metil bromida dan fosfin terutama untuk mengendalikan hama yang tergolong dalam Ordo Coleoptera (Singh & Sharma 2015). Pengendalian *C. maculatus* menggunakan fumigan fosfin teruji efektif namun dapat memberikan beberapa efek samping bagi kesehatan manusia (Athanasios *et al.* 2020).

Dengan demikian, pengendalian hama *C. maculatus* harus dilakukan secara sistematis untuk mencegah terjadinya kerugian pada produk pascapanen kacang kedelai. Upaya pengendalian difokuskan pada efektivitas berbagai metode pengendalian dengan menerapkan prinsip Pengelolaan Hama Gudang Terpadu (PHGT) untuk memperoleh hasil yang optimal. Tinjauan ini akan membahas potensi dan efektivitas berbagai strategi pengendalian hama *C. maculatus*. Penilaian terhadap aplikasi metode pengendalian sangat diperlukan untuk memastikan bahwa upaya pengendalian tidak hanya efektif dalam jangka pendek, tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus*)

Hama *Callosobruchus maculatus* merupakan spesies serangga yang berasal dari Benua Afrika. Hama ini kemudian menyebar ke wilayah tropis dan subtropis di dunia (Garima *et al.* 2021). Serangga *C. maculatus* disebut juga sebagai *cowpea weevil* yang menyerang kacang-kacangan di tempat penyimpanan. Serangga *C. maculatus* merupakan hama gudang primer yang menyerang kedelai selama proses penyimpanan. Hama ini merusak dengan cara menggerok dan memakan bagian dalam biji kedelai (Destiana 2017). Menurut Hakim (2019), kerusakan pada kacang yang disebabkan oleh serangga *C. maculatus* selama penyimpanan dimulai dengan perilaku bertelur (oviposis) serangga betina dewasa pada bagian kotiledon biji kacang.

Serangga *C. maculatus* termasuk ke dalam ordo Coleoptera subfamili Bruchidae dan famili Chrysomelidae. Secara morfologi, hama ini berwarna merah kecoklatan dengan bintik-bintik putih kekuningan yang tampak pada bagian abdomennya. Serangga *C. maculatus* dapat berkembang biak dengan cepat dan membutuhkan waktu sekitar 30-35 hari untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Stadia menyerang dari serangga ini ialah fase larva dengan masa hidup larva di dalam biji antara 9 – 11 hari. Larva *C. maculatus* menggunakan tipe mulut penggigit-pengunyah untuk mengunyah makanannya. Larva tidak dapat berpindah antar biji karena keterbatasan perkembangan alat gerak serta ukuran tubuh yang kecil, sehingga larva hanya bergantung pada biji tepat induknya meletakkan telur. Oleh karena itu, perilaku oviposis serangga betina dapat menentukan kelangsungan hidup keturunannya (Fatima *et al.* 2016). Hasil pengamatan yang dilakukan oleh Devi (2014) juga menunjukkan bahwa larva *C. maculatus* tumbuh dan berkembang di dalam biji hingga menjadi imago. Imago betina dapat bertelur hingga 150 butir.

Serangga *C. maculatus* mulai menyerang biji sejak di lapangan hingga saat penyimpanan, serangan tersebut dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 70% (Nuraini *et al.* 2022). *C. maculatus* hidup dengan baik pada suhu 32 °C dengan kelembapan 90%. Pada kondisi tersebut, imago muncul pada umur 3-4 minggu setelah bertelur. Imago hama ini memiliki umur yang pendek, yaitu hanya sekitar 7 hari, sedangkan pada kondisi laboratorium dapat bertahan hingga 14 hari. Selama fase imago, hama tidak membutuhkan makanan atau air (Fatimah *et al.* 2016). Ukuran imago hama ini berkisar antara 2-4 mm dengan kepala agak runcing, berwarna coklat kekuningan, serta terdapat taji padabagian luar dan dalam tungkai belakang. Fase imago *C. maculatus* memiliki kemampuan terbang yang terbatas, sehingga hama ini sebenarnya sudah ada sejak masih di lapangan namun baru dapat berkembang biak dengan baik selama penyimpanan.

Penggunaan Kemasan Kedap

Serangan hama gudang selama proses penyimpanan menjadi masalah utama apabila tidak dikendalikan dengan efektif. Persentase kehilangan hasil akibat hama gudang dapat mencapai 10-15%. Serangga *C. maculatus* merupakan hama yang bersifat aerobik, artinya kemampuan hidup serangga atau mikroorganisme lain sangat ditentukan oleh kadar air bahan dan ketersediaan oksigen dari dalam ruang penyimpanan. Penerapan pengemasan vakum diharapkan dapat melindungi benih dari serangan serangga hama selama penyimpanan (Destiana 2017). Kemasan kedap udara dapat membatasi kemampuan hidup serangga, sesuai dengan batas ambang oksigen akibat tidak adanya sirkulasi oksigen di dalam ruangan tersebut. Ketika kandungan oksigen tidak mencukupi, maka serangga akan mati (Murdock *et al.* 2012).

Teknologi pengemasan vakum merupakan pendekatan baru untuk memperpanjang daya tahan dan kualitas hasil pertanian pascapanen. Pengemasan vakum memanfaatkan metode pengemasan dengan menghilangkan udara dari kemasan dan menyegelnya secara kedap udara serta menghilangkan oksigen dari sekitar biji-bijian yang akan kita simpan. Ketersediaan oksigen yang

minim mengakibatkan serangga tidak dapat bertahan hidup dan juga komoditas simpan berupa biji-bijian dapat mempertahankan sifat alaminya dan meningkatkan umur simpan (Meena *et al.* 2017).

Kemasan vakum dapat dibuat menggunakan bahan plastik. Pemilihan jenis plastik yang tepat dapat berdampak signifikan terhadap ketersediaan karbon dioksida dalam kemasan. Plastik hermetik adalah jenis kantong plastik yang mampu menciptakan lingkungan hermetik atau tertutup. Keunggulan plastik hermetik adalah kemampuannya untuk meminimalkan pengaruh dari lingkungan luar, seperti air dan udara, sehingga kondisi di dalam kemasan tetap terjaga (Agus & Rogomulyo, 2021). Dengan demikian, penggunaan plastik hermetik sangat sesuai untuk menyimpan dan mengawetkan hasil panen biji-bijian di daerah tropis yang panas dan lembap.

Produk yang dikemas dalam kantong hermetik tertutup mengalami penurunan kadar oksigen dan peningkatan karbon dioksida dengan cepat. Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan jumlah serangga, cendawan, dan hama (Njoroge *et al.* 2014). Plastik hermetik memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan plastik berbahan *High-density Polyethylene* (HDPE), karena lebih efektif untuk melindungi kedelai yang disimpan dari serangan hama *C. maculatus*. Hal ini disebabkan oleh kemasan plastik hermetik dapat menciptakan kadar karbon dioksida yang lebih tinggi dibandingkan plastik HDPE. Kemasan hermetik memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap serangga dibandingkan kemasan HDPE. Kemasan hermetik secara signifikan memengaruhi konsentrasi gas CO₂ dan O₂, yang menyebabkan kematian *C. maculatus* mencapai 100% pada hari keempat penyimpanan. Selain itu, persentase biji yang terinfestasi telur dalam kemasan hermetik adalah 5,4%, yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan kemasan HDPE yang mencapai 26,23% (Destiana 2017).

Kebersihan gudang penyimpanan

Penyimpanan merupakan salah satu tindakan penanganan pascapanen yang sangat penting. Secara keseluruhan, kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama terhadap bahan pangan di gudang mencapai 5-10%. Secara umum, terdapat tiga faktor utama yang memengaruhi keberadaan hama gudang pada komoditas bahan pangan yang disimpan. Faktor-faktor ini meliputi kondisi komoditas atau bahan yang disimpan, keadaan gudang, serta iklim mikro di dalam gudang yang dapat memengaruhi tingkat kerusakan komoditas tersebut. Beberapa langkah pencegahan yang dapat dilakukan meliputi pemeriksaan awal kualitas komoditas, menjaga kebersihan gudang, serta melakukan perawatan fisik terhadap fasilitas gudang (Pitaloka 2012).

Pemeriksaan awal komoditas menjadi tahap yang penting dalam menjaga kualitas kedelai dari serangan hama maupun penyakit. Pemeriksaan kualitas awal kedelai dapat dilakukan menggunakan sampel yang sudah memenuhi standar. Menurut Anwar (2023) sebelum beras disimpan di gudang, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan untuk memastikan bahwa beras tersebut memenuhi standar (MS). Setelah melewati pemeriksaan dan pengambilan sampel, maka beras dapat disimpan di gudang. Namun, jika hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa beras tidak memenuhi standar (TMS), maka beras tersebut tidak diperbolehkan untuk masuk gudang. Salah satu syarat penyimpanan adalah jumlah butir patah tidak lebih dari 2 butir, dan pemeriksaan ini dilakukan sebanyak tiga kali. Pemeriksaan kualitas komoditas berupa kadar air yang terkandung pada komoditas menjadi poin penting sebelum komoditas disimpan di gudang.

Kegiatan sanitasi gudang penyimpanan pascapanen merupakan aspek krusial dalam menjaga kualitas produk pertanian dalam simpanan. Kegiatan yang dilakukan meliputi pembersihan rutin, mengatur suhu dan kelembaban, serta menggunakan insektisida secara bijaksana dapat meminimalisir kerugian akibat serangan hama. Sanitasi dan pemeriksaan rutin pada area penyimpanan ini dilaksanakan setiap tiga bulan sekali (Nuraini *et al.* 2022). Selain itu, sanitasi dapat dilakukan melalui pemeliharaan fisik gudang. Tujuan dari pemeliharaan kondisi fisik gudang ini adalah untuk memastikan kondisi gudang tetap optimal untuk penyimpanan produk. Kegiatan yang dilakukan terkait dengan pembersihan rutin ialah berupa pembersihan lantai gudang dari debu dan ceceran komoditas yang dapat menarik hama, perbaikan struktur gudang dengan memastikan tidak ada kerusakan pada dinding, atap, dan struktur lainnya yang dapat memengaruhi kualitas penyimpanan, serta pemeriksaan sistem ventilasi yang baik untuk menjaga sirkulasi udara, dan pengaturan suhu dan kelembapan gudang.

Pengendalian fisik

Pengendalian fisik dapat dilakukan melalui proses pengeringan pada komoditas pertanian. Kacang kedelai yang dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 35 °C memiliki ketahanan yang lebih baik selama proses penyimpanan dibandingkan dengan kedelai yang disimpan tanpa melalui proses pengeringan (Coradi *et al.* 2020). Pengeringan yang optimal dapat dilakukan dengan alat pengering yang mudah dioperasikan. Proses ini membantu mencegah terjadinya kontaminasi serta

menurunkan kadar air, sehingga pertumbuhan mikroorganisme dapat ditekan dan kualitas kedelai tetap terjaga selama masa penyimpanan. Berbagai aspek dalam proses pengeringan dan kondisi penyimpanan harus diperhatikan untuk mempertahankan kualitas kacang kedelai (Izzati 2024).

Selain proses pengeringan, pengendalian secara fisik menggunakan suhu tinggi menjadi alternatif untuk mengendalikan *C. maculatus* pada produk yang disimpan (Karimzadeh *et al.* 2020). Suhu tinggi dan kelembapan yang rendah secara efektif dapat menghambat perkembangan embrio *C. maculatus* (Adebayo & Anjorin 2018). Bingham *et al.* (2017) melaporkan bahwa peningkatan suhu ruang pada proses penyimpanan biji-bijian menjadi 50 – 60 °C selama minimal 24 jam dapat mengendalikan serangga hama gudang. Sementara Mobarakian *et al.* (2014) melaporkan perkembangan populasi *C. maculatus* dapat dihentikan melalui pengurangan suhu. Pendinginan aerasi pada suhu 17 °C sesegera mungkin setelah proses panen dapat meminimalkan pertumbuhan populasi *C. maculatus* dan mengurangi kerusakan kacang kedelai sebelum dilakukan pengendalian dengan cara lain (Daglish *et al.* 2021).

Barbosa *et al.* (2017) menemukan bahwa radiasi gelombang mikro dengan tingkat daya gelombang mikro 240 W pada frekuensi 2450 MHz selama 120 – 150 detik dapat mematikan *C. maculatus*. Selain itu, spektrum cahaya merupakan faktor penting dalam mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh *C. maculatus*. Berdasarkan laporan Kehinde *et al.* (2019), tingkat kematian tertinggi hama ini dicapai saat terpapar cahaya berwarna putih. Lebih lanjut, pada cahaya merah dan biru juga terbukti efektif membunuh hama tersebut dengan menggunakan lampu listrik berdaya 25 W.

Metode lain sebagai pengendalian fisik dapat dilakukan melalui radiasi sinar gamma. Teknologi radiasi, terutama radiasi sinar gamma merupakan perkembangan teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai metode desinfeksi produk pertanian. Penelitian oleh (Ashraf *et al.* 2022) mengungkapkan bahwa iradiasi pada imago secara signifikan mengganggu reproduksi *C. maculatus*. Aplikasi iradiasi gamma menurunkan daya tetas telur dan kegagalan larva untuk bertahan hidup pada fase perkembangan lanjutan. Perlakuan radiasi sinar gamma oleh Ibrahim *et al.* (2017) dengan memanfaatkan sinar gamma, sumber Cobalt-60. Produk ditempatkan pada ruang radiasi dengan jangka waktu dan dosis tergantung yang dibutuhkan. Menurut Soumya (2015) dosis penyinaran 10 Gray (Gy) dapat menghasilkan daya tetas telur sebesar 56,56%. Dosis penyinaran yang lebih tinggi, sekitar 40 Gy dapat menyebabkan terjadinya 100,00% sterilitas pada *C. maculatus* betina dewasa, sedangkan *C. maculatus* jantan dewasa memerlukan 60 Gy untuk memperoleh 96,90% sterilitas. Hammad *et al.* (2020) juga melakukan penelitian yang sama pada 100 g biji kacang kedelai dengan dosis penyinaran 650 Gy. Hasil mengungkapkan bahwa untuk penghambatan total *C. maculatus* dewasa membutuhkan dosis penyinaran lebih tinggi dari 100 Gy.

Radiasi sinar gamma menjadi salah satu alternatif pengendalian *C. maculatus*. Telur *C. maculatus* sangat sensitif terhadap paparan tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap perkecambahan biji sehingga tidak merusak produk (Abd *et al.* 2019). Radiasi sinar gamma juga tidak menggunakan bahan kimia beracun sehingga aman bagi konsumen dan lingkungan. *Food and Agriculture Organization* (FAO) mengakui bahwa iradiasi sinar gamma merupakan metode aman untuk pengendalian hama dan penyakit, serta diakui secara internasional sebagai teknik yang tidak memerlukan bahan kimia. Namun, pemanfaatan perlakuan ini membutuhkan investasi biaya yang cukup besar. Selain itu, terdapat beberapa regulasi penggunaan radiasi pada produk pangan yang berbeda pada setiap negara untuk memenuhi standar keselamatan yang berlaku (Gideon *et al.* 2020). Dengan demikian, pengendalian fisik melalui pemanfaatan MA, perlakuan suhu, maupun perlakuan penyinaran efektif menghambat hingga mematikan *C. maculatus*.

Pengendalian dengan Pestisida Nabati

Pengendalian hama di gudang umumnya lebih banyak menggunakan insektisida dan fumigan sintetis (Pohan 2024). Pengendalian tersebut merupakan metode pengendalian hama tercepat. Penggunaan insektisida dan fumigan sintetis dinilai memiliki biaya tinggi, berpotensi mencemari lingkungan, serta dapat menimbulkan risiko bagi konsumen. Pada level petani, pengendalian hama gudang sering dilakukan dengan mengumpulkan dan memusnahkan imago secara mekanik. Namun, metode ini dianggap kurang efektif dalam skala besar atau pada kondisi kerusakan yang parah, karenalarva yang hidup dalam biji masih bisa bertahan hingga tahap penyimpanan berikutnya (Siahaya 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan insektisida yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Ekstrak biji *Annona reticulata* terbukti sangat efektif sebagai insektisida untuk mengendalikan hama *C. maculatus* (Siahaya 2023). Menurut penelitian Nagmouchi & Benammar (2021), daun *A. reticulata* mengandung berbagai senyawa kimia, di antaranya alkaloid, steroid, flavonoid, tanin, kuinon, glikosida, senyawa fenolik, asam amino, karbohidrat, dan protein. Acetogenin merupakan

rangkaian poliketida, senyawa ini dapat ditemukan di beberapa famili tumbuhan Annonaceae yang berasal dari Asia, Amerika Utara, dan Selatan (Liaw *et al.* 2016). Acetogenin dikenal memiliki beragam manfaat karena strukturnya yang kaya dan aktivitas biologis yang kuat, seperti kemampuannya membunuh serangga dan tungau. Menurut Bernardi *et al.* (2017), ekstrak yang mengandung Acetogenin dapat memengaruhi pertumbuhan, pola makan, dan cara bertelur serangga. Ekstrak biji *A. reticulata* dapat diaplikasikan dengan melarutkannya ke dalam etanol. Penggunaan larutan *A. reticulata* pada konsentrasi 0,45% menyebabkan kematian dan kelumpuhan *C. maculatus* hingga 100% (Siahaya 2023). Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa biji *A. reticulata* memiliki potensi besar sebagai bahanpestisida nabati dalam pengendalian *C. maculatus*.

Ekstrak biji *Schleicera oleosa* juga dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan hama *C. maculatus*. Bria *et al.* (2024) melaporkan bahwa ekstrak biji *S. oleosa* berpotensi sebagai insektisida nabati, dengan toksisitas mencapai lebih dari 80% pada konsentrasi 1%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase kematian *C. maculatus* mencapai 88,33% pada perlakuan konsentrasi 1% ekstrak biji *S. oleosa*. Tingkat kematian ini disebabkan oleh racun dalam ekstrak yang masuk ke tubuh serangga melalui sistem pernapasan atau pori-pori pada kutikula dan alat mulut, yang kemudian menyebar ke seluruh tubuh imago *C. maculatus* melalui aliran darah sehingga menyebabkan kematian. Serangga yang mati akibat perlakuan ini menunjukkan perubahan warna menjadi pudar.

Senyawa metabolit sekunder yang ditemukan dalam *S. oleosa* meliputi flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid (Holil & Griana 2020). Flavonoid berfungsi sebagai penghambat nafsu makan serangga, mengurangi aktivitas makan serangga dan berperan sebagai agen pelindung bagi tanaman. Saponin berperan sebagai zat *anti-feeding* atau penolak makan yang efektif terhadap serangga, sehingga mencegah kerusakan tanaman lebih lanjut. Tanin, sebagai bahan aktif, bekerja dengan mekanisme racun kontak dan racun perut pada serangga, yang menjadikannya sebagai senyawa pengendali hama alami. Selain itu, terpenoid memiliki beragam fungsi, termasuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama serangga, bertindak sebagai *repellent*, serta mencegah perkecambahan benih gulma dan berperan sebagai antimikroba yang melindungi tanaman dari patogen.

Tanaman srikaya (*Annona squamosa*) merupakan alternatif pestisida nabati yang efektif untuk mengendalikan hama dari genus *Callosobruchus*. Tepung biji srikaya dengan dosis 4 g per 100 g biji kedelai mampu mengendalikan *C. analis* dengan hasil awal kematian hama dalam 14,5 jam, nilai LT_{50} (*lethal time* untuk 50% populasi) selama 34 jam, tingkat kematian harian sebesar 32,5%, total mortalitas mencapai 80%, jumlah keturunan hanya 19,25 individu, dan penyusutan berat biji kedelai sebesar 1,93%. (Insani & Salbiah 2021). Tepung biji srikaya mengandung squamosin dan annonain yang merupakan dua senyawa dalam golongan asetogenin. Senyawa-senyawa ini dapat memengaruhi mortalitas hama *C. analis* pada kedelai yang disimpan. Squamosin bertindak sebagai racun perut yang menyebabkan gejala pada hama *C. analis* seperti pergerakan yang menurun, penurunan nafsu makan, dan kejang-kejang yang ditandaidengan terbukanya kedua sayap serta pembengkokan tungkai, sehingga menyebabkan kematian pada serangga (Subagiya & Nurchasanah 2018).

Pemanfaatan bahan alami, seperti bubuk cengkeh, kemangi suci, serai, dan kunyit, telah terbukti efektif dalam pengendalian hama *C. maculatus* (Mario *et al.* 2021). Bahan-bahan ini dapat dijadikan sebagai insektisida nabati yang mampu menyebabkan tingkat mortalitas tinggi hingga 100%, sekaligus berperan dalam mencegah oviposisi atau menurunkan kesuburan, serta menghambat produksi keturunan F1 (Mario *et al.* 2023). Efektivitas tersebut dikarenakan tanaman memiliki senyawa organik volatil atau *volatile organic compounds* (VOC) yang bersifat anti-hama, seperti eugenol (48,64%) dan caryophyllene (43,09%) dalam bubuk cengkeh, estragole (87,13%) dalam kemangi suci, α -Citral (28,88%) dalam serai, dan α -Zingiberene (35,22%) dalam kunyit (Mario *et al.* 2021).

Mekanisme toksisitas dari bahan alami tersebut bekerja dengan menyerang sistem pernapasan serangga (Hamza *et al.* 2016). Serangga dewasa yang terpapar tidak mampu bertahan hidup lebih lama, sehingga aktivitas kawin dan bertelur menurun secara signifikan. Hal ini berdampak pada penurunan tingkat kesuburan serta jumlah keturunan F1 (Mario *et al.* 2021). Selain itu, senyawa volatil yang terkandung dalam bahan alami berperan dalam menurunkan tingkat keberhasilan penetasan telur. VOC dapat menembus korion telur serangga melalui mikropil, sehingga menyebabkan kematian embrio atau larva sebelum berkembang lebih lanjut (Zafar *et al.* 2018).

Efek toksisitas aplikasi insektisida nabati terhadap serangan *C. maculatus* bervariasi tergantung pada dosis yang digunakan. Penyemprotan serbuk cengkeh terbukti dapat menyebabkan kematian total serangga meskipun dengan dosis perlakuan yang rendah. Sementara

itu, penggunaan bubuk kemangi suci, serai, dan kunyit juga dalam mengendalikan hama. Namun, memerlukan dosis yang lebih tinggi untuk mencapai tingkat kematian total (Mario *et al.* 2023). Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kedia *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa konsentrasi dosis insektisida nabati berperan penting dalam menentukan efektivitas serta aktivitas pengendaliannya terhadap hama.

Pengendalian hayati lain yang berpotensi dapat diterapkan untuk mengendalikan hama *C. Maculatus* yaitu serbuk rimpang jahe, Menurut Mario *et al.* (2023) bubuk jahe memiliki kandungan senyawa alkaloid, monoterpene, diterpene, sesquiterpene, dan gingerol. Perlakuan bubuk jahe dengan dosis 3 g dapat mengendalikan hama *C. chinensis* lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya berupa kontrol dan bubuk ketumbar. Perlakuan bubuk jahe 3 g terbukti lebih efektif dibandingkan perlakuan kontrol dan bubuk ketumbar dalam mengendalikan *C. chinensis* karena tingkat serta kecepatan mortalitas imago infestasi *C. chinensis* lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol dan bubuk ketumbar.

Gaseous effect

Tekanan konsumen untuk mengurangi penggunaan bahan kimia dalam pengendalian serangga mendorong munculnya tren metode pengendalian alternatif yang tidak beracun dan ramah lingkungan (Guedes *et al.* 2016). *Modified atmospheres* (MA) menjadi teknik alternatif fumigasi yang tidak beracun dan ramah lingkungan untuk mengendalikan serangga hama pascapanen. Serangga *C. maculatus* dapat dikendalikan metode *gaseous effect* dengan peningkatan CO₂ diikuti dengan pengurangan O₂ dan N₂ pada gudang penyimpanan kedelai pascapanen (Ingabire *et al.* 2021). Hal tersebut sesuai dengan laporan Rajasri *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa modifikasi atmosfer dengan peningkatan konsentrasi CO₂ lebih tinggi dapat mencegah komoditas dalam simpanan dari kerusakan serangga dan juga dapat mempertahankan tingkat viabilitas dan kualitas benih pada masa simpan. Kerentanan hama terhadap MA menunjukkan variasi berbeda. Fase telur mengalami kematian mencapai 100% setelah 48 jam paparan sedangkan fase pupa mengalami kematian setelah 120 jam paparan. Kematian mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu paparan CO₂ (Bourne-Murrieta *et al.* 2021).

Metode fumigasi telah mengalami perkembangan pesat dalam upaya mengendalikan hama *Callosobruchus maculatus*. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah fumigasi dengan senyawa fosfin sebagai bahan aktif utama (Arora & Srivastava 2021). Fosfin dikenal efektif dalam membasmi berbagai jenis hama, namun penggunaannya tidak lepas dari berbagai tantangan. Selain menimbulkan risiko keselamatan bagi pekerja yang terpapar, fosfin juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan dapat meningkatkan biaya operasional, terutama dalam hal perawatan dan pengelolaan dampak kesehatan (Norwood 2017). Penggunaan gas ECO₂FUME merupakan salah satu alternatif penggunaan fumigasi fosfin pada komoditas yang mudah rusak dan menjadi gas fumigasi ramah lingkungan (Su Kim *et al.* 2016).

ECO₂FUME merupakan gas fumigasi yang mengandung formulasi 2% PH₃ dalam CO₂ sehingga dapat meningkatkan toksisitas dan meminimalkan kelangsungan hidup serangga (Cato *et al.* 2019). Pada dosis 50 g/m³, perlakuan gas ini mampu mencapai tingkat mortalitas 100% pada serangga dewasa, sehingga menghambat kemampuan serangga untuk melanjutkan siklus hidupnya ke tahap perkembangan selanjutnya (Amin *et al.* 2021). Selain itu, aplikasi fumigasi tersebut memberikan dampak signifikan terhadap penurunan produktivitas serangga hama, terutama dalam menekan keberhasilan reproduksi jantan, mengganggu proses oviposisi betina, serta menurunkan tingkat keberhasilan penetasan telur (Chilawal *et al.* 2023). Efektivitas ini menjadikan ECO₂FUME sebagai alternatif pengendalian hama yang potensial dalam perlindungan komoditas pascapanen.

PENUTUP

Serangga *C. maculatus* merupakan hama utama pada komoditas kacang kedelai dalam simpanan yang dapat menyebabkan kerugian signifikan dengan menurunkan kualitas dan kuantitas produk dalam simpanan. Strategi pengendalian yang efektif, terutama melalui pendekatan ramah lingkungan dan berkelanjutan dibutuhkan untuk pengelolaan produk pascapanen. Beberapa rekomendasi pengendalian serangga hama *C. maculatus* yang dapat dilakukan ialah penggunaan kemasan kedap, sanitasi gudang penyimpanan, pengendalian fisik, pemanfaatan bahan alami, radiasi sinar gamma, hingga metode fumigasi. Alternatif pengendalian yang digunakan harus mempertimbangkan biaya yang efektif, aman, dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Dengan demikian, teknik pengendalian yang dilakukan dapat menekan terjadinya penyusutan kualitas maupun kuantitas pada komoditas yang disimpan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd, S, Kathier, SA & Mahmmod, EA 2019, 'Efek radiasi gamma pada *Callosobruchus maculatus* (F.) (coleoptera: Bruchidae) dan perkecambahan benih', *Jurnal Teknik dan Teknologi*, vol. 37, no. 1C, pp. 90-92.
- Abdullahi, N, Shuâ, AB, Musa, I, Gambo, BZ & Adamu, ZA 2021 'Effect of Cowpea seed beetle (*Callosobruchus maculatus*) infestation on selected landraces of bambara groundnut during storage', *Bioremediation Science and Technology Research.*, vol. 9, no. 2, pp. 31-34.
- Agus, MA & Rogomulyo, R 2021, 'Pengaruh lama simpan dan macam wadah penyimpanan terhadap pertumbuhan dan hasil panen muda jahe merah (*Zingiber officinale* Var. Rubrum. Rosc.)', *Vegetalika.*, vol. 10, no. 2, pp. 133-139.
- Akbar, RMJI, Putri, VZR, Arifah, NA, Wikarsa, OG & Ramadhan, RJ 2023, 'Krisis ketahanan pangan penyebab ketergantungan impor tanaman pangan di Indonesia', *AZZAHRA: Scientific Journal of Social and Humanities.*, vol. 1, no. 2, pp. 73-81.
- Anwar, B 2023, 'Strategi pengelolaan dan penyaluran distribusi beras perum sub divisi regional Bulog
- Arora, S & Srivastava, C 2021, 'Locational dynamics of concentration and efficacy of phosphine against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fab)', *Crop Protection.*, vol. 143, pp. 1-8.
- Ashraf, A, Pathrose, B, Chellappaappan, M & Indirabai, BV 2022, 'Efficacy of gamma radiation against pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (F.)', *Indian Journal of Entomology.*, vol. 84, no. 4, pp. 809-813.
- Athanassiou, CG, Phillips, TW, Arthur, FH, Aikins, MJ, Agrafioti, P & Hartzler, KL 2020, 'Efficacy of phosphine fumigation for different life stages of *Trogoderma inclusum* and *Dermestes maculatus* (coleoptera: Dermestidae)', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 86, pp. 1-6.
- Badan Pusat Statistik 2023, *BSIP Aneka kacang siap dukung peningkatan produktivitas kedelai di Jawa Timur*, diunduh 20 Oktober 2024, <https://anekakacang.bsip.pertanian.go.id/berita/bsip-aneka-kacang-siap-dukung-peningkatan-produktivitas-kedelai-di-jawa-timur>.
- Badan Pusat Statistik. 2022, *Jumlah penduduk pertengahan tahun (ribu jiwa) 2020-2022*, diunduh 20 Oktober 2024, <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>.
- Barbosa, DRES, L. da Silva Fontes, PRR, Silva, JA, Neves, AF, de Melo & AB, Esteves Filho 2017, 'Microwave radiation to control *Callosobruchus maculatus* (coleoptera: Chrysomelidae) larvae in cowpea cultivars', *Austral Entomology.*, vol. 56, no. 1, pp. 70-74.
- Bernardi, D, Ribeiro, L, Andreazza, F, Neitzke, C, Oliveira, EE, Botton, M ... & Vendramim, J. D 2017, 'Potential use of *Annona* by products to control *Drosophila suzukii* and toxicity to its parasitoid *Trichopria anastrephae*', *Industrial Crops and Products.*, vol. 110, pp. 30-35.
- Bingham, AC, Subramanyam, B, Mahroof, R & Alavi, S 2017 'Development and validation of a model for predicting survival of young larvae of *Tribolium castaneum* exposed to elevated temperatures during heat treatment of grain-processing facilities', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 72, pp. 143-152.
- Bourne-Murrieta, LR, Iturralde-García, RD, Wong-Corral, FJ, Castañé, C & Riudavets, J 2021, 'Effect of packaging chickpeas with CO2 modified atmospheres on mortality of *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Chrysomelidae)', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 94.
- Bria, FP, Nenotek, PS, Kleden, YL, Mudita, IW, Gandut, YRY, Ludji, R & Nahas, AE 2024, 'Efektivitas ekstrak biji *Annona muricata* dan *Schleicera oleosa* terhadap mortalitas imago *Callosobruchus maculatus* Fabricius', *Jurnal Agrotek Tropika.*, vol. 12, no. 2, pp. 233-242.

- cabang Probolinggo', *Entrepreneurship Bisnis Manajemen Akuntansi (E-BISMA)*., vol. 4, no.2, pp. 230-244.
- Chiluwal, K, Lee, BH, Kwon, TH, Kim, J, & Park, CG 2023, 'Post-fumigation sub-lethal activities of phosphine and ethyl formate on survivorship, fertility and female sex pheromone production of *Callosobruchus chinensis* (L.)', *Scientific Reports.*, vol. 13, no. 1, pp. 1-10.
- Coradi, PC, de Oliveira, MB, de Oliveira Carneiro, L, de Souza, GAC, Elias, MC, Brackmann, A & Teodoro, PE 2020, 'Technological and sustainable strategies for reducing losses and maintaining the quality of soybean grains in real production scale storage units', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 87, pp. 1-12.
- Daglish, GJ, Jagadeesan, R & Nayak, MK 2021, 'Temperature-dependent development and reproduction of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F., in mungbean: Estimating a target temperature for its control using aeration cooling', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 92, pp. 1-8.
- Destiana, ID 2017 'Ketahanan jenis kemasan benih kedelai terhadap serangan hama *Callosobruchus maculatus*', *EDUFORTECH.*, vol. 2, no. 2, pp. 67-76.
- Devi, MD & Devi N, Victoria 2014, 'Biology and morphometric measurement of cowpea weevil, *Callosobruchus Maculatus* Fabr. (coleoptera: Chrysomelidae) in green gram', *Journal Of Entomology And Zoology Studies.*, vol. no. 23, pp. 74-76.
- Fatima, SM, Usman, A, Sohail, K, Afzaal, M, Shah, B, Adnan, M ... & Rehman, I 2016, 'Rearing and identification of *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae: Coleoptera) in Chickpea', *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 4, pp. 264-266.
- Garima, G, Khan, R & Seal, D 2021, 'Cowpea Weevil *Callosobruchus maculatus* (Fabricius 1775) (Insecta: Coleoptera: Bruchidae)', diunduh 20 Oktober 2024, <https://doi.org/10.32473/edis-IN1338-2021>.
- Gideon, RN, Ausatha, RY, Faisal, PP & Hanna, Y 2020, 'Techno-economic projection on gamma
- Grace, N, Nurjanah, R & Mustika, C 2021, 'Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi impor kedelai di Indonesia', *E-Journal Perdagangan Industri dan Moneter.*, vol. 9, no. 2, pp. 97-106.
- Guedes, RNC, Smagghe, G, Stark, JD & Desneux, N 2016, 'Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs', *Annual review of entomology.*, vol. 61, no. 1, pp. 43-62.
- Hakim, L & Irahmani, I 2019, 'Perubahan perilaku *Callosobruchus maculatus fabricius* terhadap warna cahaya pada kacang-kacangan di penyimpanan', *Jurnal Agro.*, vol. 6, no. 1, pp. 15-23.
- Hammad A, Gabarty A, Zinhoum RA 2020, 'Assessment irradiation effects on different development stages of *Callosobruchus maculatus* and on chemical, physical and microbiological quality of cowpea seeds', *Bulletin of Entomological Research.*, vol. 110, no. 4, pp. 1-9.
- Hamza, A.F., El-Orabi, M.N., Ghariieb, O.H., El-Saeedy, A.A. & Hussein, A.E 2016, 'Response of *Sitophilus granarius* L. to Fumigant Toxicity of Some Plant Volatile Oils', *Journal of Radiation Research and Applied Sciences.*, vol. 9, no. 1, pp. 8-14.
- Hanum, F & Martiningsih, NGAGE 2016, 'Efektivitas pestisida nabati daun nimba terhadap serangan hama *Tribolium castaneum* hbst pada kacang kedelai di penyimpanan', *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem.*, vol. 4, no. 1, pp. 64-75.
- Holil, K. & Griana, TP 2020, 'Analisis fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak daun kesambi (*Schleiraoleosa*) metode DPPH', *Journal of Islamic Pharmacy.*, vol. 5, no. 1, pp. 28-32.
- Ibrahim, HA, Fawki, S, Abd El-Bar, MM, Abdou, MA, Mahmoud, DM, & El-Gohary, EGE 2017, 'Inherited influence of low dose gamma radiation on the reproductive potential and spermiogenesis of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F)(coleoptera: Chrysomelidae)', *Journal of Radiation Research and Applied Science.*, vol. 10, no. 4, pp. 338-347.

- Ingabire, JP, Hategekimana, A, Bhuvaneshwari, K & Erler, F 2021, 'Effectiveness of various combinations of three main gases (oxygen, carbon dioxide and nitrogen) through modified atmospheres on pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F) population in stored green grams', *International Journal of Tropical Insect Science.*, vol. 41, pp. 3233-3240.
- Insani, R & Salbiah, D 2021, 'Keefektifan dosis tepung biji srikaya (*Annona squamosa* L.) dalam mengendalikan hama bubuk kedelai (*Callosobruchus analis* F.) di penyimpanan', *Dinamika Pertanian.*, vol. 37, no. 1, pp. 65-72.
- irradiator with 450 kCi for 30 years', *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Pemanfaatan Teknologi Nuklir.*, 18-19 November 2020, Serpong, pp. 465-471.
- Izzati, AN 2024, 'Evaluasi teknik penyimpanan kacang kedelai dalam upaya peningkatan kualitas kacang kedelai produksi dalam negeri', *JOSFA (Journal of the Science of Food and Agriculture).*, vol. 1, no. 1, pp. 11-26.
- Karimzadeh, R, Javanshir, M & Hejazi, MJ 2020, 'Individual and combined effects of insecticides, inert dusts and high temperatures on *Callosobruchus maculatus* (coleoptera: Chrysomelidae)', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 89, pp. 1-7.
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P. K., Singh, P., & Dubey, N. K 2015, 'Botanicals as eco friendly biorational alternatives of synthetic pesticides against *Callosobruchus* spp.(Coleoptera: Bruchidae)—a review', *Journal of food science and technology.*, vol. 52, pp. 1239-1257.
- Kehinde, FO, Dedeke, GA, Popoola, OI & Isibor, PO 2018, 'Potential of light spectra as a control of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*, activity', *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*, vol. 210, no. 1, pp. 1-9.
- Liaw, CC, Liou, JR, Wu, TY, Chang, FR & Wu, YC 2016, 'Acetogenins from annonaceae', *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products.*, vol. 101, pp. 113-230.
- Mario MB, Astuti LP, Kafle L, Hsu JL, Tang MRT, Fernando I, & Setiawan Y 2023, 'Potensi Serbuk Biji Ketumbar dan Rimpang Jahe terhadap Hama Kumbang Kacang Azuki *Callosobruchus chinensis*', *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan.*, vol. 14, no. 1, pp. 33-39.
- Mario, M. B., Astuti, L. P., Hsu, J. L., & Kafle, L 2021, 'Fumigant Activity of Four Plant Powders against Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)(Coleoptera: Chrysomelidae) in Stored Adzuki Bean', *Legume Research: An International Journal.*, vol. 44, no. 6, pp. 667-672.
- Mario, M. B., Astuti, L. P., Hsu, J. L., Kafle, L., & Fernando, I 2023, 'Bioefficacy of eight different plant powders applied as fumigants against the adzuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis*', *Crop Protection*, vol. 167, pp. 1-7.
- Meena, MK, Chetti, MB, Nawalagatti, CM & Naik, MC 2017, 'Vacuum packaging technology: a novel approach for extending the storability and quality of agricultural produce', *Advances in Plants & Agriculture Research.*, vol. 7, no. 1, pp. 221-225.
- Mobarakian, M, Zamani, AA, Karmizadeh, J, Moeeny Naghadeh, N & Emami, MS 2014, 'Modelling development of *Callosobruchus maculatus* and *Anisopteromalus calandrae* at various constant temperatures using linear and non-linear models', *Biocontrol Science and Technology.*, vol. 24, no. 11, pp. 1308-1320.
- Mohammad, AY, Nur Rochman & Setyono 2020, 'Kemangkusan *Metarhizium anisoplae* dan *Beauveria bassiana* sebagai bioinsektisida bagi hama gudang *Sitophilus oryzae*', *Jurnal Agronida.*, vol. 6, no. 1, pp. 14-15.
- Murdock, LL, Margam, V, Baoua, I, Balfe, S & Shade, RE 2012 'Death by desiccation: effects of hermetic storage on cowpea bruchids', *Journal of stored products research.*, vol. 49, pp. 166-170.
- Nagmouchi, S & Benammar, R 2021, 'Susceptibility of *Culex quinquefasciatus* (Say) larvae to methanolic extracts of *Annona reticulata*', *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS.*, vol.24, no. 10, pp. 1077-1083.

- Njoroge, AW, Affognon, HD, Mutungi, CM, Manono, J, Lamuka, PO & Murdock, LL 2014, 'Triple bag hermetic storage delivers a lethal punch to *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera: Bostrichidae) in stored maize', *Journal of Stored Products Research.*, vol. 58, pp. 12-19.
- Nuraini, IV, Prakoso, B & Suroto, A 2022, 'Survei dan identifikasi hama gudang pada komoditas padi, jagung, dan kedelai di Kecamatan Batuwarno, Wonogiri', *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian.*, vol. 18, no. 2, pp. 87-95.
- Pitaloka, AL 2012, 'Gambaran beberapa faktor fisik penyimpanan beras, identifikasi dan upaya pengendalian serangga hama gudang (studi di gudang Bulog 103 Demak sub dolog wilayah I Semarang)', *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.*, vol. 1, no. 2, pp. 217- 218.
- Pohan, SNF 2024, 'Analisis efektivitas ekstrak daun jeruk nipis ada bahan simpan beras terhadap guna mengendalikan hama gudang *Sitophilus oryzae* L', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI].*, vol. 4, no. 1, pp. 32-42.
- Prakash, BG, Raghavendra, KV, Gowthami, R & Shashank, R 2016, 'Indigenous practices for eco-friendly storage of food grains and seeds', *Adv Plants Agric Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 101-107.
- Rajasri, M, Radhika, P & Rani, MS 2015, 'Modified atmosphere storage-a viable alternative to conventional fumigants for the management of sitotroga cerealella in stored rough rice', *Progressive Research – An International Journal.*, vol. 10, no. 7, pp. 3888-3890.
- Siahaya, VG 2023, 'Efficacy of *Annona reticulata* L. seed extract in *Callosobruchus maculatus* in the laboratory', *Jurnal Budidaya Pertanian.*, vol. 19, no. 1, pp. 8-13.
- Singh, G. & Sharma, RK 2015, 'Alternatives to phosphine fumigation of stored grains: The Indian perspective', *Himachal Journal of Agricultural Research.*, vol 41, no. 2, pp. 104-113.
- Soumya, D, Sreenivas, AG, Patil, BV, Rachappa, V, Doddagoudar, SR & Seth, RK 2017, 'Effect of gamma radiation on pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.)', *Journal of Farm Sciences.*, vol. 30, no. 3, pp. 370-374.
- Su Kim, B, Park, CG, Mi Moon, Y, Sung, BK, Ren, Y, Wylie, SJ & Ho Lee, B 2016, 'Quarantine treatments of imported nursery plants and exported cut flowers by phosphine gas (PH₃) as methyl bromide alternative', *Journal of economic entomology.*, vol. 109, no 6, pp. 2334-2340.
- Subagiya, AS & Nurchasanah, U 2018, 'Toksitas biji *Annona squamosa* terhadap kumbang tepung (*Tribolium castaneum*) pada tepung gandum', *Jurnal Agrosains.*, vol. 20, no 1, pp.19-23.
- Zafar, U., Ur-Rashid, M.M. & Shah, M 2018, 'Entomotoxicity of Plant Powders Against Pulse Beetle (*Callosobruchus Chinensis*) on Stored Mung Bean (*Vigna radiata*),' *Journal of Entomology and Zoology Studies.*, vol. 6, no. 1, pp. 1637-1641.
- Zulfa, A 2016, 'Pengaruh pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terhadap tingkat pengangguran di Kota Lhokseumawe', *Jurnal visioner & strategis.*, vol. 5, no. 1, pp. 13-22.