

BAB I. POTENSI EKSTRAK LIMBAH KULIT PETAI DAN KULIT UBI KAYU SEBAGAI BIOINSEKTISIDA PENGENDALI SERANGGA HAMA PETERNAKAN (*Alphitobius diaperinus*)

**Priyantini Widiyaningrum¹⁾, Niken Subekti¹⁾, Ning Setiati¹⁾,
Alya Rizqi Nabilah¹⁾**

¹⁾Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

wiwiedeka@mail.unnes.ac.id; nikensubekti@mail.unnes.ac.id
ningsetiati@mail.unnes.ac.id; alyarizqinabilah26@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i2.139>

ABSTRAK

Alphitobius diaperinus merupakan serangga hama peternakan ayam yang pengendaliannya masih bertumpu pada insektisida sintetis. Selain menyebabkan resisten pada serangga, insektisida sintetis menimbulkan residu yang membahayakan ternak dan lingkungan. Dalam rangka menemukan sumber bioinsektisida yang lebih ramah lingkungan, telah dilakukan analisis terhadap ekstrak kulit petai (*Parkia speciosa*) dan kulit ubi kayu (*Manihot utilissima*) serta menguji efeknya terhadap kemampuan makan, dan metamorfosis larva *A. diaperinus*. Skrining fitokimia ekstrak dilakukan untuk menganalisis keberadaan senyawa aktif apa saja yang berpotensi sebagai bioinsektisida. Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan ekstrak secara kontak langsung dalam berbagai variasi konsentrasi. Penurunan konsumsi pakan, nilai FDI (*Feeding Deterrent Index*), dan penghambatan metamorfosis digunakan sebagai indikator kemanjuran ekstrak dalam mengendalikan populasi *A. diaperinus*. Hasil analisis fitokimia menunjukkan ekstrak kulit petai dan ubi kayu mengandung senyawa aktif yang berpotensi sebagai sumber bioinsektisida. Hasil uji statistik data kemampuan makan dan persentase larva yang berhasil bermetamorfosis menjadi imago menunjukkan perbedaan nyata. Paparan ekstrak kulit petai dan

kulit ubi kayu hingga level 50% terbukti mampu menurunkan konsumsi pakan berturut-turut 64,15% dan 53,49%. Sedangkan kemampuan metamorfosis menjadi imago turun sebesar 96,77%, dan 90,62%. Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa paparan ekstrak kulit petai dan ubi kayu mempengaruhi kemampuan makan, dan kemampuan bermetamorfosis larva *A. diaperinus*. Dengan demikian ekstrak kulit petai dan ubi kayu berpotensi dikembangkan sebagai bioinsektisida yang ramah lingkungan.

Kata kunci: *Alphitobius diaperinus*, Fitokimia, *Manihot utilissima*, Metamorfosis, *Parkia speciosa*

PENDAHULUAN

Alphitobius diaperinus (*A. diaperinus*) merupakan serangga yang dikategorikan sebagai hama gudang, tetapi umumnya hidup dan berkembang biak dengan pesat di area kandang ayam. Baik larva maupun dewasanya, mereka mengkonsumsi pakan ayam. Bahkan larva *A. diaperinus* memiliki kemampuan menggerogoti celah-celah bangunan dan dinding kandang ketika mereka memasuki fase pupasi (Dinev, 2013). *A. diaperinus* yang termakan oleh ayam dapat mengakibatkan stres gizi karena terbatasnya kemampuan unggas mencerna zat kitin serangga (Renault & Colinet, 2021). *A. diaperinus* juga merupakan vektor virus *Avian leucosis* dan dapat menjadi inang bagi bakteri dan jamur penyebab penyakit unggas seperti *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *S. typhimurium*, *Campylobacter jejuni* (Hazeleger *et al.*, 2008; Agabou & Alloui, 2010). Oleh karena itu pengendalian populasi dan menjaga kebersihan menjadi faktor yang penting diperhatikan karena berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan.

Sampai saat ini pengendalian hama *A. diaperinus* menggunakan insektisida sintesis masih menjadi prosedur utama pada peternakan unggas, dengan cara fumigasi. Insektisida sintesis merupakan kelompok pestisida yang mengandung beberapa jenis bahan kimia yang berbeda, antara lain organoklorin, organofosfat, karbamat, piretroid dan DEET (Meilina, 2017). Penggunaan

insektisida tidak dapat dipungkiri telah banyak menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain meninggalkan residu yang berbahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, harga insektisida sintetik fluktuatif (Salaki *et al.*, 2012), menimbulkan efek berbahaya terhadap organisme non-target (As'ad *et al.*, 2019), serta timbulnya resistensi hama terhadap pestisida (Utami *et al.*, 2017). Peneliti terdahulu juga telah membuktikan bahwa populasi *A. diaperinus* dapat mengembangkan resistensi terhadap insektisida berbasis piretroid, bifenthrin, cyfluthrin, imidakloprid, permetrin, atau tetraklorvinfos (Renault & Colinet, 2021; Lyons *et al.*, 2017; Lambkin & Furlong, 2014). Banyaknya permasalahan akibat penggunaan insektisida sintesis tersebut, telah mendorong banyak peneliti berupaya menemukan alternatif insektisida alami (selanjutnya digunakan istilah bioinsektisida) yang lebih ramah lingkungan, antara lain pemanfaatan senyawa aktif dari tanaman.

Bioinsektisida secara umum didefinisikan sebagai bahan yang berasal dari makhluk hidup (tanaman, hewan atau mikroorganisme) yang berkhasiat menghambat pertumbuhan dan perkembangan, atau mematikan berbagai serangga hama pertanian, hama peternakan maupun pemukiman (Sumartini, 2016). Dibanding insektisida sintesis, bioinsektisida umumnya memiliki toksisitas yang lebih rendah, tetapi efektif mengendalikan perkembangbiakan serangga melalui berbagai cara, tidak mengganggu organisme non-target, tidak meninggalkan residu, mudah terurai secara hayati dan lebih ramah lingkungan. Bioinsektisida berbahan baku limbah organik, selain membantu mengatasi persoalan lingkungan, juga menghasilkan produk murah dan ramah lingkungan.

Limbah kulit petai (*Parkia speciosa*) dan kulit ubi kayu (*Manihot utilissima*) termasuk bahan buangan yang belum dimanfaatkan. Kulit petai diketahui memiliki kandungan senyawa fitokimia berupa alkaloid, saponin, flavonoid, tanin dan triterpenoid. Kandungan polifenol, tanin dan flavonoid dari petai dilaporkan mempunyai potensi menghambat pertumbuhan bakteri (Atmaja & Hendrayana, 2019; Verawaty 2016; Ramadani 2018). Konsentrasi tanin yang tinggi terdeteksi pada kulit biji dan

polongnya dibandingkan dengan sayuran buah lainnya. Tanin telah dilaporkan menurunkan pencernaan protein dan asam amino (Tunsaringkarn *et al.*, 2012; Gilani *et al.*, 2012). Oleh karena itu senyawa tanin merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder tanaman yang tidak menutup kemungkinan bersifat anti serangga (Fajrin & Susila, 2019).

Kulit ubi kayu dikenal mengandung senyawa sianida yang didistribusikan secara luas di seluruh bagian tanaman seperti di daun dan lapisan kulit, dan sebagian kecil di parenkim akar (bagian dalam). Hasil analisis Adejumo *et al.* (2019) menunjukkan bahwa kulit ubi kayu mengandung senyawa Mn, Zn, Fe, Cu dan Mg. Nilai konsentrasi tinggi Fe dan Mg dalam kulit ubi kayu ini diduga menjadi sumber peningkatan tingkat toksisitas pada manusia. Penelitian Osipitan *et al.* (2015) menemukan bahwa ketahanan tanaman ubi kayu terhadap kerusakan serangga hama disebabkan oleh metabolit sekunder yang dihasilkannya, seperti tanin, saponin, alkaloid, dan kandungan asam hidrosianat. Kulit ubi kayu menurut Odilia *et al.* (2022) mengandung senyawa antinutrisi yang juga memiliki khasiat antioksidan dan antimikroba yang potensial.

Hasil analisis Okoro *et al.* (2019) menyebutkan kulit ubi kayu mengandung flavonoid, kaempferol, quercetin, alkaloid, tanin, phlobatannin, antrakuinon, saponin, antrosianosida, dan gula pereduksi. Selain itu ubi kayu ternyata juga mengandung sianida. Flavonoid merupakan senyawa pertahanan tumbuhan yang dapat bersifat menghambat makan serangga dan juga bersifat toksik. Saponin memiliki sifat beracun bagi hewan berdarah dingin dan dapat menghambat aktivitas makan serangga (antifeedant) sehingga dapat digunakan biopestisida. Penelitian Ervina (2014) menunjukkan bahwa kulit ubi kayu dapat digunakan sebagai larvasida *Aedes aegypti*. Kulit ubi kayu mengandung senyawa aktif saponin dan flavonoid yang diduga dapat memberikan efek larvasida. Pada kulit ubi kayu juga terdapat senyawa tanin yang diketahui dapat mengendalikan larva *Helicoverpa armigera* (Karsalina *et al.*, 2017). Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti telah melakukan skrining fitokimia ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu, serta menguji bagaimana efek kedua ekstrak

terhadap kemampuan makan, *Feeding deterrent index* (FDI) dan kemampuan metamorfosis larva *A. diaperinus* yang terpapar ekstrak limbah kulit petai dan kulit ubi kayu pada berbagai level konsentrasi di laboratorium.

METODE PENGUJIAN

Kulit petai dan kulit ubi kayu sebagai bahan uji dikoleksi dari rumah herbal Temu Gesang yang berlokasi di Grabag, Magelang. Subyek uji larva dan dewasa *A. diaperinus* diperoleh dari hasil pembiakan di laboratorium Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Pengujian didesain eksperimen dengan melibatkan dua faktor uji yaitu jenis ekstrak (ekstrak kulit petai dan ekstrak kulit ubi kayu), dan berbagai level konsentrasi ekstrak. Eksperimen dilakukan dalam tiga kegiatan. Kegiatan 1 menguji kelangsungan hidup larva, kegiatan 2 menguji kemampuan makan larva dan kegiatan 3 menguji kemampuan metamorfosis larva.

1. Pembuatan Ekstrak.

Kulit petai dan ubi kayu yang telah dipotong kecil-kecil, dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 °C. Setelah kering, masing-masing dibuat serbuk. Proses ekstraksi kedua macam serbuk dilakukan secara terpisah dengan cara mengambil masing-masing sebanyak 500 gram sampel serbuk. Serbuk kemudian dimaserasi dengan pelarut etanol 95% selama 3 x 24 jam, lalu diperas hingga diperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh dipekatkan dengan rotary evaporator, dan ekstrak pekat inilah yang diasumsikan sebagai ekstrak konsentrasi 100% dan digunakan sebagai bahan uji. Untuk mendapatkan berbagai konsentrasi ekstrak dalam pengujian, dilakukan dengan pengenceran ekstrak pekat 100% menggunakan pelarut akuades. Setiap level konsentrasi disiapkan sediaan ekstrak sebanyak 1000 µL. dengan perbandingan ekstrak pekat dan akuades sesuai perlakuan.

2. Analisis Fitokimia Ekstrak

Fitokimia merupakan senyawa bioaktif yang terdapat pada organ tanaman. Uji fitokimia terhadap ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu dilakukan terutama untuk mendeteksi keberadaan

senyawa-senyawa flavonoid, fenolik, saponin, terpenoid, alkaloid dan tanin. Selanjutnya senyawa bioaktif dalam ekstrak diidentifikasi dengan GC- MS QP2010S Shimadzu. Sampel sebanyak 1 μ L diinjeksikan dalam GC-MS yang dioperasikan menggunakan kolom kaca panjang 30 m, diameter 0,25 mm dan ketebalan 0,25 μ m dengan gas pembawa Helium. Suhu kolom yang digunakan sebesar 70 $^{\circ}$ C dan suhu injeksi sebesar 310 $^{\circ}$ C. Hasil analisis GC-MS berupa grafik kromatogram dengan beberapa puncak yang menggambarkan senyawa aktif teridentifikasi, disertai tabel senyawa aktif teridentifikasi beserta persen area. Persentase area juga mengindikasikan seberapa besar persentase senyawa tersebut terdeteksi terkandung dalam ekstrak. Interpretasi pada spektrum massa GC-MS dilakukan dengan menggunakan database National Institute Standard dan Technology (NIST).

3. Preparasi Serangga Uji

Sampel kutu dewasa *A. diaperinus* yang diambil dari salah satu peternakan ayam di wilayah Sekaran, Gunungpati diaklimasi di laboratorium dan dibiakkan. Kurang lebih 400 ekor jantan dan betina dibagi kedalam 4 container /wadah pemeliharaan dengan media serasah berasal dari tempat yang sama, serta ditambahkan pakan ayam komersial. Dalam wadah ditempatkan lembaran busa untuk pelindung sekaligus tempat bertelur hingga menetas. Untuk menjaga kelembaban dan kebutuhan air bagi serangga, di dalam wadah disediakan irisan buah mentimun. Setiap minggu, kutu dewasa dipindahkan ke wadah lain, sedangkan wadah sebelumnya diinkubasi. Larva yang menetas diasumsikan memiliki umur yang relatif sama. Larva inilah yang digunakan sebagai hewan uji pada pengujian kemampuan makan dan kemampuan metamorfosis. Sedangkan uji kelangsungan hidup digunakan serangga dewasa.

4. Pengambilan Data

Kelangsungan hidup Kutu Kandang. Penghambatan terhadap kelangsungan hidup *A diaperinus* diindikasikan dari persentase kematian yang terjadi selama pengamatan. Pada pengujian ini digunakan kutu kandang dewasa dengan kriteria kesamaan warna dan ukuran. Ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu masing-masing

disiapkan dalam 6 level konsentrasi yaitu 0, 20, 40, 60, 80, 100%. Sebanyak 200 μ L ekstrak di tiap konsentrasi diteteskan ke salah satu sisi di dalam cawan petri. Kemudian setiap 15 kutu kandang dimasukkan ke dalam cup plastik bertutup (diameter 5 cm, tinggi 4,5 cm) agar terjadi kontak langsung antara serangga uji dengan ekstrak. Pengulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga untuk pengujian dua macam ekstrak diperlukan $2 \times 6 \times 4 = 48$ unit percobaan dan dibutuhkan sebanyak 48×15 ekor = 720 ekor (*unsexed*). Setiap cup plastik kemudian ditambahkan 5 gram pakan di bagian sisi dalam yang lain, lalu ditutup dan di inkubasi di ruang yang terlindung dari sinar matahari. Setiap 24 jam diamati dan dicatat jumlah kutu yang mati. Pencatatan dilakukan pada masa 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Jumlah yang mati di hitung dalam persentase mortalitas:

$$M = \frac{r}{n} \times 100\%$$

Dimana M= Mortalitas; r = Jumlah kutu yang mati; n = Jumlah kutu keseluruhan.

Apabila kematian kutu kandang pada kelompok kontrol kurang dari 5%, data mortalitas langsung dianalisis statistik, tetapi jika ditemukan mortalitas antara 5% - 20% di kelompok kontrol, maka harus dilakukan koreksi data dengan formula Abbott (Fuadzy *et al.*, 2015). Rumus koreksi Abbott adalah sebagai berikut.

$$Mt = \frac{Mp - Mo}{100 - Mo} \times 100$$

Dimana Mt = Mortalitas terkoreksi; Mp = Mortalitas pada perlakuan Mo = Mortalitas pada kelompok kontrol

Pengamatan Kemampuan makan. Sebanyak 960 larva yang dipilih dibagi kedalam 48 cup plastik ($\phi = 8$ cm, t = 5cm). Masing-masing cup berisi 20 ekor. Seluruh wadah percobaan diberi tanda untuk membedakan antar perlakuan dan ulangan. Paparan ekstrak dilakukan secara kontak langsung kedalam cup plastik yang berisi larva, dengan cara meneteskan sebanyak 200 μ L Untuk memastikan seluruh larva terpapar ekstrak, tetesan ekstrak ditempatkan di salah satu sudut cup, kemudian kumpulan larva

diarahkan pada bagian tersebut sambil sedikit digoyangkan agar merata. Setelah beberapa saat, tiap wadah diberikan pakan ayam komersial, lembar tisu dan potongan mentimun, selanjutnya diinkubasi di rak perlakuan. Kelangsungan hidup larva diamati setiap minggu, sedangkan jumlah larva yang berhasil menjadi imago (kutu dewasa) diamati sampai minggu ke 7-8. Pada waktu ini larva yang berhasil menjadi pupa diperkirakan sudah bertransformasi menjadi imago.

Indikator penurunan kemampuan makan larva akibat terpapar ekstrak dapat diukur berdasarkan rata-rata konsumsi pakan dan *Feeding deterrence index* (FDI). Nilai FDI dihitung menggunakan rumus:

$$FDI (\%) = \frac{C - T}{C} \times 100$$

di mana C : bobot pakan yang dikonsumsi pada kelompok kontrol dan T : bobot pakan yang dikonsumsi pada kelompok perlakuan (Wang *et al.*, 2020).

Kemampuan metamorfosis. Kemampuan metamorfosis setelah paparan ekstrak diindikasikan dari jumlah larva yang berhasil menjadi imago, setelah melewati pupasi. Pada keadaan normal, larva berubah menjadi imago dalam waktu antara 40 sampai 100 hari (Dinev, 2013). Kemampuan metamorfosis dihitung menggunakan rumus:

$$KM = \frac{VC}{VA} \times 100 \%$$

KM : kemampuan metamorfosis dalam persen; VA : jumlah larva di awal perlakuan; VC : jumlah larva yang berhasil menjadi imago.

5. Analisis Data

Hasil identifikasi senyawa aktif ekstrak menggunakan metode GC-MS disajikan dalam tabel serta dianalisis deskriptif. Kelangsungan hidup serangga dewasa akibat terpapar ekstrak diukur berdasarkan angka mortalitas setelah jangka waktu 3 x 24 jam. Kemampuan makan, nilai FDI dan kemampuan metamorfosis

di analisis ANOVA satu arah dilanjutkan dengan LSD test (*Least Significant Difference*) jika terdapat perbedaan nyata. Namun demikian jika data yang diperoleh tidak terdistribusi normal/tidak homogen, maka dilakukan analisis statistik non parametrik Kruskal Wallis dan uji lanjut menggunakan *Independent Sample* Kruskal Wallis. Untuk mengetahui perbedaan nilai FDI dan kemampuan metamorfosis antara ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu dilakukan analisis uji t- independent.

HASIL PENGUJIAN

1. Hasil Analisis Fitokimia Ekstrak

Analisis fitokimia ekstrak menunjukkan ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu positif mengandung unsur-unsur alkaloid, steroid, terpenoid, flavonoid, fenolik, dan tanin (Nabilah & Widiyaningrum, 2022). Selanjutnya hasil identifikasi ekstrak kulit petai dengan metode GC-MS ditemukan 32 puncak pada grafik khromatogram, dengan luas area yang berbeda-beda. Demikian pula pada khromatogram ekstrak kulit ubi kayu yang memunculkan 28 puncak terdeteksi (Gambar 1.1 dan 1.2). Adapun Tabel 1.2 dan 1.3 masing-masing menyajikan hanya 10 senyawa aktif yang memiliki luas area lebih dari 1% pada masing-masing ekstrak.

Ekstrak Kulit Petai

Di dalam ekstrak kulit petai (Tabel 1.2), teridentifikasi adanya senyawa coumarin, pyrazole, dan *Hydroxyquinol (1,2,4-Benzenetriol)*, yang ditengarai bersifat anti insekta. Coumarin merupakan senyawa fenol, salah satu golongan metabolit sekunder pada tumbuhan (Desi, 2016). Pada penelitian sebelumnya ekstrak kulit petai diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi, antioksidan, antialergi, antitrombotik, antivirus dan antikanker (Setiawan & Rakhmawaty, 2014). Dalam uji toksisitas terhadap rayap *Coptotermes curvinagthus* Holmgren (Firdaus & Yuharmen, 2019) Coumarin terbukti memiliki aktivitas anti rayap.

Senyawa pyrazole disebutkan aktivitas insektisida terutama pada serangga uji *Aphis fabae*, sebanding dengan insektisida komersial imidakloprid (Huang *et al.*, 2017). Menurut Paradis *et al.*

(2014), pyrazole bekerja dalam penghambatan transpor elektron kompleks mitokondria.

Senyawa lain yang terdeteksi dalam ekstrak kulit petai adalah *Hydroxyquinol (1,2,4-Benzenetriol)*, yaitu senyawa aromatik dan golongan metabolit sekunder dari polifenol yang merupakan salah satu isomer dari trihidroksi benzena. Isomer lainnya adalah Pyrogallol dan Phloroglucinol (*1,3,5-Benzenetriol*) (Xin *et al.*, 2019). Senyawa ini diketahui mempunyai aktivitas anti malaria (Hapsari *et al.*, 2022), dan bagi serangga, senyawa ini mempunyai aktivitas sebagai larvasida nyamuk.

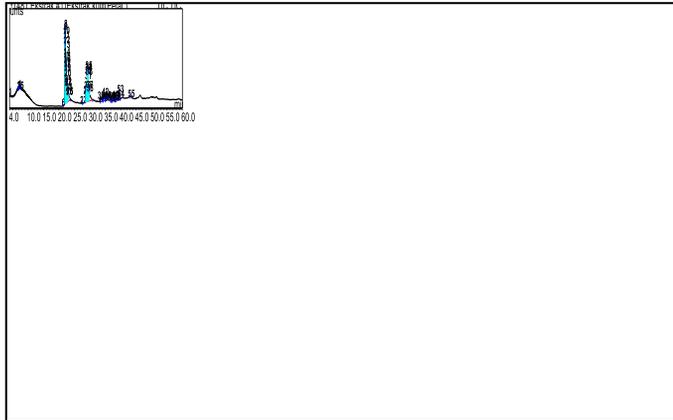
Pyrazole-5-carboxylic acid, merupakan salah satu turunan aryl pyrazole. Uji Bioassay mengungkapkan bahwa turunan aril pirazol yang mengandung 5-fluorouracil menunjukkan aktivitas insektisida yang sangat baik terhadap *Culex pipiens* dan *Musca domestica* pada konsentrasi 0,1%. (Huang *et al.*, 2017).

Ekstrak Kulit Ubi Kayu

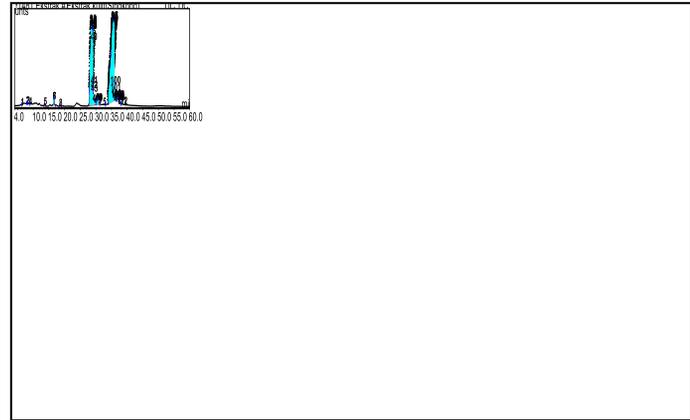
Hasil skrining GC-MS (Tabel 1.2) yang berpotensi mempunyai aktivitas anti insekta antara lain Lotaustralin, Quercetin-3-O-glucoside, oleic acid.

Lotaustralin merupakan salah satu glikosida sianogen yang ditemukan pada ubi kayu. Penelitian Wangari (2013) menunjukkan kandungan HCN tertinggi pada umbi ubi kayu terdapat pada bagian korteks (kulit umbi), diikuti oleh bagian parenkim dan pith (daging). Glikosida sianogenik adalah pertahanan kimia dua komponen yang tersebar luas pada tanaman yang melepaskan toksin pernapasan hidrogen sianida. Sifatnya yang toksik menyebabkan senyawa ini berpotensi sebagai biopestisida.

Quercetin adalah salah satu flavonoid yang paling melimpah di organ tanaman. Secara alamiah quercetin pada tanaman dapat berfungsi sebagai metabolit sekunder untuk mencegah serangan serangga herbivora. Quercetin dapat menjadi bioinsektisida yang efektif untuk mengurangi herbivora tanpa mengganggu musuh alami dan penyerbuk, terutama bagi Hemiptera, Diptera, Lepidoptera dan Coleoptera (Riddick, 2021). Penurunan reproduksi adalah salah satu efek insektisida dari golongan senyawa alkaloid karena dapat menginduksi sistem reproduksi,



Gambar 1.1. Grafik Khromatogram GC-MS dari Ekstrak Kulit Petai (*Parkia speciosa*)



Gambar 1.2. Grafik Khromatogram GC-MS Ekstrak Kulit Ubi Kayu (*Manihot utilissima*)

Tabel 1.1. Senyawa Fitokimia yang Teridentifikasi dari Ekstrak Kulit Petai

No	Retentio nTime (minute)	Chemical Compound	Compound Nature	Chemical Formula	Mol. Weigh t	Rel. Area (%)
1.	21.25	<i>Phenol, 2-[5-(2-furyl) pyrazol-3-yl]-4-methoxy-</i>	Phenolic	C14H12N2O3	256	3.86
	21.90	<i>Hydroxyquinol (1,2,4-Benzenetriol)</i>	Polyphenol	C6H6O3	126	14.48
2.	22.18	<i>Pyrazole-5-carboxylic acid, 3-methyl-</i>	Alkaloids	C5H6N2O2	126	5.03
3.	28.70	<i>Melezitose</i>	trisaccharid e	C18H32O16	504	7,19
4.	29.13	<i>3-O-Methyl-d-glucose</i>	glucose	C7H14O6	194	5.73
5.	29.29	<i>Desulphosinigrin</i>		C10H17NO6 S	279	1.30
6.	34.16	<i>Ethyl iso-allocholate</i>	Fatty acid	C26H44O5	436	2.09
7.	34.67	<i>Hexadecanoic acid, ethyl ester</i>	Fatty acid	C18H36O2	284	4.52
8.	35.28	<i>β-Sitosterol</i>	Phytosterol s	C29H50O	414	2.72
9.	38.17	<i>cis-Vaccenic acid</i>	Fatty acid	C18H34O2	282	2.33
10	39.56	<i>Coumarin, 3,4,4a,5,6,8a-hexahydro-6,8a-epidioxy-4a,6-dimethyl-</i>	phenolic	C11H14O4	210	5.83

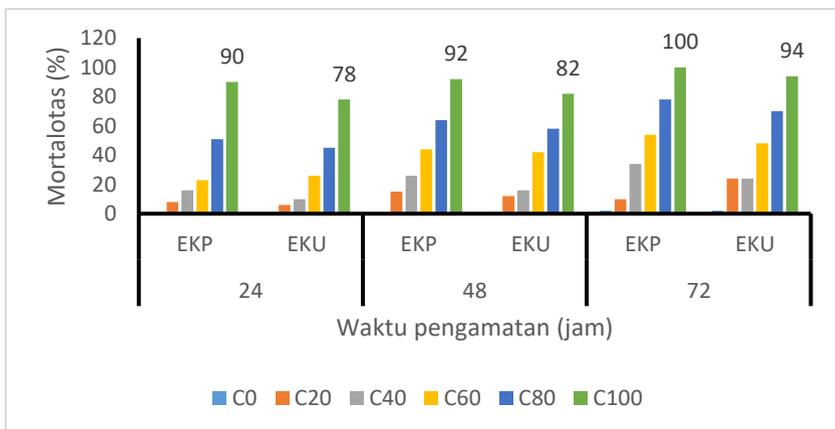
Tabel 1.2. Senyawa Fitokimia yang Teridentifikasi dari Ekstrak Kulit Ubi Kayu

No	Ret.Time (minute)	Chemical Compound	Compound Nature	Chemical Formula	Mol. Weight	Rel. Area (%)
1.	13.64	Acetamide, N-(2-acetyl-3-oxo-4- isoxazolidinyl)-	-	C7H10N2O4	186	1.43
2.	16.56	Ascaridole epoxide	monoterpenoid	C10H16O3	184	2.19
3.	18.56	Lotaustralin	cyanogenic glycosides	C11H19NO6	196	2,15
4.	21.12	5-Hydroxymethylfurfural		C6H6O3	126	1.67
5.	22.04	Oleic Acid	Fatty acid			
6.	28.69	Quercetin-3-O-glucoside	Flavonoid	C21H20O12	180	1.56
7.	28.99	Ethyl a-d-glucopyranoside	glycoside	C8H16O6	208	14.62
8.	29.14	d-Mannose	glucose	C6H12O6	180	2.77
9.	35.09	Melezitose	trisaccharide	C18H32O16	504	14.29
10.	35.32	a-Methyl-D-mannopyranoside	Phenolic	C7H14O6	194	3.06
	35.51	Maltose	disaccharide	C12H22O11	342	2.31

menunjukkan penurunan produksi oosit dan peningkatan reabsorpsi oosit yang terbentuk, yang menghambat pematangan telur dan mengganggu perkembangan serangga (Chowanski *et al.*, 2016).

2. Tingkat Kelangsungan Hidup Serangga

Mortalitas merupakan indikator adanya aktivitas toksik ekstrak kulit petai dan ubi kayu sehingga menghambat kelangsungan hidup serangga. Untuk membuktikan apakah ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu menghambat kelangsungan hidup *A. diaperinus*, dilakukan uji mortalitas terhadap kutu kandang dewasa yang dipapar berbagai konsentrasi ekstrak selama 3x24 jam. Selama pengamatan, suhu ruangan berkisar antara 28° - 29°C, dengan kelembaban antara 78%- 84%. Hasil uji mortalitas selama 3 x 24 jam disajikan dalam gambar grafik batang (Gambar 1.3).



Gambar 1.3. Mortalitas Dewasa *A. diaperinus* yang Terpapar Ekstrak Selama Pengamatan 3 x 24 Jam (EKP: Ekstrak Kulit Petai; EKU: Ekstrak Kulit Ubi Kayu)

Gambar 1.3 mengindikasikan bahwa dalam waktu 24 jam, tingkat kematian *A. diaperinus* lebih dari 50% hanya terjadi pada perlakuan ekstrak kulit petai C100, sedangkan pada kelompok EKU - C100 terjadi kematian sebesar 78%. Ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit petai dan kulit ubi kayu bersifat toksik apabila

paparan diberikan dalam konsentrasi tinggi (100%). Kedua ekstrak tampaknya mampu membunuh dewasa *A. diaperinus*, hingga 90%, namun dalam konsentrasi tinggi serta membutuhkan waktu 3 x 24 jam. Hal ini menunjukkan metabolit sekunder yang terkandung dalam kulit petai dan kulit ubi kayu memiliki aktivitas toksik. Aktivitas metabolit sekunder dapat mempengaruhi serangga pada tingkat sel, jaringan dan organ, tergantung konsentrasi paparan. Chowański *et al.* (2016) mengemukakan pengaruh fisiologis meliputi perubahan subletal dalam berbagai jaringan dan organ, hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Arivoli & Tennyson (2020) melaporkan bahwa efek sinergis dari campuran senyawa fitokimia yang ada pada ekstrak tanaman berperan penting sebagai solusi pertahanan diri terhadap gangguan serangga. Beberapa senyawa, baik secara terpisah atau sinergis, memberikan efek yang bervariasi, termasuk efek antifeedant, toksik, atau bertindak sebagai penghambat kerja hoormon pertumbuhan/metamorfosis.

3. Penurunan Kemampuan Makan *A. diaperinus*

Perubahan kemampuan makan *A. diaperinus* diamati dan diukur berdasarkan rata-rata penurunan konsumsi pakan setelah diberi perlakuan ekstrak kulit petai dan kulit ubikayu. Selama 4 minggu pengamatan, konsumsi pakan diukur. Data konsumsi pakan kemudian di analisis menggunakan analisis statistik ANOVA untuk mengetahui apakah perlakuan jenis dan konsentrasi ekstrak berpengaruh signifikan terhadap konsumsi pakan *A. diaperinus*.

Selanjutnya berdasarkan uji beda LSD, diketahui bahwa rata-rata konsumsi pakan selama pengujian menunjukkan tren menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi paparan kedua macam ekstrak (Tabel 1.3). Dengan paparan konsentrasi makin pekat, kemampuan serangga uji dalam mengkonsumsi pakan semakin menurun.

Konsumsi pakan terendah pada kedua perlakuan ekstrak terjadi pada C50. Pada perlakuan ekstrak kulit petai, konsumsi terendah sebesar 5,04 mg/minggu. Jika dibandingkan dengan-

Tabel 1.3. Tabel Rata-rata Konsumsi Pakan *A. diaperinus* Selama Pengujian (4 Minggu)

Konsentrasi Ekstrak (%)	Rata-Rata Konsumsi Pakan (mg/ekor/minggu)	
	Kulit Petai	Kulit Ubikayu
0	14.06 ^a	13.46 ^a
10	9.79 ^b	11.93 ^a
20	10.33 ^b	10.36 ^b
30	9.36 ^b	9.64 ^b
40	7.79 ^b	9.26 ^b
50	5.04 ^c	6.26 ^c
Rata-rata	9.39 ^d	10.15 ^d

Keterangan. Superskrip huruf yang berbeda dalam kolom /baris rata rata menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji LSD.

kelompok kontrol, maka penurunan konsumsi pada perlakuan C50 mencapai angka 64,15%. Sedangkan, konsumsi pakan perlakuan C50 pada kulit ubikayu sebesar 6.26 mg/minggu, dengan angka penurunan konsumsi sebesar 53,49%. Dengan uji beda LSD (*Least Significance Different*) diketahui bahwa perlakuan konsentrasi C50 memberikan efek terbaik dalam menurunkan konsumsi pakan. Menurut Arivoli & Tennyson (2020), aktivitas antifeedant bekerja dengan mekanisme menghambat respon sel reseptor yang sensitif terhadap stimulan makan seperti keinginan makan atau indera perasa dan tidak lagi mengenali pakannya.

Untuk mengetahui seberapa kuat efek ekstrak terhadap penghambatan kemampuan makan kutu kandang (efek antifeedant), dapat dilihat berdasarkan angka FDI (*Feeding Deterrent Index*) (Widiyaningrum *et al.*, 2020) yang kemudian di konversi ke dalam kriteria kualitatif (Tabel 1.4).

Efek antifeedant ekstrak dapat digolongkan kedalam lima kriteria berdasarkan nilai FDI yaitu:

- Nilai FDI < 30%: tidak memberikan efek antifeedant;
- 50% > FDI ≥ 30%: efek antifeedant kategori rendah;
- 70% > FDI ≥ 50%; efek antifeedant kategori sedang; dan
- FDI ≥ 70%; efek antifeedant kuat.

Tabel 1.4. Nilai FDI Ekstrak Kulit Petai dan Kulit Ubi Kayu

No.	Ekstrak	Konsentrasi (%)	FDI (%)
1.	Kulit Petai	10	30,38
		20	26,52
		30	33,44
		40	44,56
		50	64,12
2.	Kulit Ubikayu	10	11,32
		20	22,98
		30	28,37
		40	31,16
		50	53,66

Dengan demikian, ekstrak kulit petai dan kulit ubikayu sama-sama terindikasi memiliki efek antifeedant kategori sedang.

Aktivitas makan pada serangga umumnya dapat berhenti karena pengaruh zat kimia yang merangsang kemoreseptor yang kemudian mempengaruhi kinerja jaringan syaraf serangga atau merusak jaringan organ pencernaan, serta kelenjar yang menghasilkan enzim (Fathoni *et al.*, 2013). Metabolit sekunder yang bersifat antifeedant adalah senyawa yang dapat mempengaruhi perilaku makan serangga, seperti kehilangan kemampuan mengenali pakannya, menghambat kemampuan makan, atau menurunkan nafsu makan sehingga pada akhirnya menyebabkan kelaparan hingga terjadi kematian. Senyawa yang bersifat antifeedant banyak ditemukan pada tanaman karena secara alamiah senyawa tersebut bertindak sebagai pelindung diri terhadap serangan serangga herbivora. Mohammed (2014) melaporkan golongan senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat kemampuan makan serangga atau memiliki aktivitas antifeedant dari tanaman adalah fenol, alkaloid, quassinoid, chromenes, saponin, polyacetylenes, cucurbitacins, asam siklopropanoid, terpenoid dan turunannya. Siamtuti *et al.* (2017) menyebutkan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas *antifeedant* kuat adalah tanin yang bertindak sebagai antinutrient dan inhibitor enzim yang dapat menyebabkan serangga mengalami kelaparan hingga kematian.

4. Kemampuan Metamorfosis Serangga *A. diaperinus*

Kemampuan metamorfosis *A. diaperinus* dalam penelitian ini diukur berdasarkan jumlah larva yang dihasilkan dan jumlah larva yang berhasil bermetamorfosis menjadi imago, kemudian dikonversikan kedalam persen (Tabel 1.5).

Tabel 1.5. Data Kemampuan Metamorfosis *A. diaperinus* yang Terpapar Ekstrak Kulit Petai dan Kulit Ubi Kayu pada Berbagai Konsentrasi

Konsentrasi ekstrak (%)	Ekstrak Kulit Petai			Ekstrak Kulit Ubikayu		
	Jml Larva (Ekor)	Jml Imago (Ekor)	Meta-morfosis (%)	Jml Larva (Ekor)	Jml Imago (Ekor)	Meta-Morfosis (%)
0	31	31	100.00	34	32	92.65
10	35	26	74.10	36	15	40.56
20	33	25	75.57	36	11	30.34
30	34	11	32.84	34	9	25.19
40	27	9	31.48	21	5	22.35
50	6	1	21.74	15	3	20.34

Oleh karena data tidak terdistribusi normal, uji statistik non parametrik Kruskal Wallis digunakan untuk menganalisis apakah perbedaan konsentrasi ekstrak berpengaruh terhadap jumlah larva yang dihasilkan dan jumlah larva yang mampu bermetamorfosis. Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan rata-rata jumlah larva yang dihasilkan tidak berbeda nyata antar perlakuan, namun persentase larva yang berhasil menjadi imago berbeda antar perlakuan (Asymp. Sig < 0,05), baik pada perlakuan ekstrak kulit petai maupun ekstrak kulit ubi kayu.

Data kemampuan metamorfosis diuji lanjut menggunakan uji Independent Samples Kruskal Wallis untuk mengetahui perlakuan manakah yang mempunyai perbedaan signifikan diantara level perlakuan konsentrasi. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.6. Pada perlakuan ekstrak kulit petai, hanya perlakuan C50 yang memberikan pengaruh berbeda dibandingkan dengan kontrol.

Sedangkan pada ekstrak kulit ubi kayu, kecenderungan yang berbeda ditemukan pada C40 dan C50 dibandingkan kontrol.

Tabel 1.6. Hasil Uji Independent Sample Kruskal Wallis terhadap Jumlah Imago pada Perlakuan Ekstrak Kulit Petai dan Ubi Kayu

No.	Perbedaan Konsentrasi Ekstrak (%)	Adj. Sig. Ekstrak Kulit Petai	Adj. Sig. Ekstrak Kulit Ubi Kayu
1.	C50 - C40	1,000	1,000
2.	C50 - C30	1,000	1,000
3.	C50 - C20	0,087	0,905
4.	C50 - C10	0,031*	0,171
5.	C50 - C0	0,009*	0,003*
6.	C40 - C30	1,000	1,000
7.	C40 - C20	1,000	1,000
8.	C40 - C10	0,673	0,677
9.	C40 - C0	0,276	0,022*
10.	C30 - C20	1,000	1,000
11.	C30 - C10	1,000	1,000
12.	C30 - C0	1,000	0,499
13.	C20 - C10	1,000	1,000
14.	C20 - C0	1,000	1,000
15.	C10 - C0	1,000	1,000

Ket. Adanya perbedaan dinyatakan dengan nilai Adj. Sig. < 0,05.

*) menunjukkan perbedaan

Dengan demikian senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak kulit petai maupun ekstrak kulit ubi kayu keduanya dapat mempengaruhi kemampuan metamorfosis larva *A. diaperinus*. Jika dilihat dari data imago (Tabel 1.5), perlakuan ekstrak kulit petai konsentrasi 50% mampu menurunkan jumlah imago hingga 96,77% dibanding kontrol. Sedangkan pada perlakuan ekstrak kulit ubi kayu perlakuan 40% mengalami penurunan hingga 84,37%, dan pada konsentrasi 50% menurun hingga 90,62% dibanding kontrol. Namun demikian berdasarkan analisis uji t independent, kedua ekstrak secara statistik kemampuan metamorfosis tidak menunjukkan perbedaan (nilai signifikansi > 0.05).

Kulit petai dan kulit ubi kayu diketahui memiliki efek toksik terhadap hewan karena mengandung senyawa kimia dari golongan alkaloid, terpenoid, flavonoid, tanin, steroid dan fenolik yang memiliki berbagai aktivitas enzimatis dan penghambatan (Sayono *et al.*, 2019). Flavonoid diketahui bersifat menghambat makan serangga dan juga bersifat toksis (Iftita, 2016). Senyawa aktif yang masuk ke dalam tubuh imago akan menyebabkan keracunan yang ditandai dengan perubahan warna, ukuran dan aktivitasnya. Imago yang teracuni akan berubah warna dan ukurannya menjadi kecil (mengkerut), dan akhirnya mati. Selain itu alkaloid juga mampu menghambat kinerja hormon pertumbuhan imago, terutama tiga hormon utama yaitu hormon otak (*brain hormone*), hormon edikson, dan hormon pertumbuhan (*juvenile hormone*). Tidak berkembangnya hormon tersebut dapat menyebabkan kegagalan metamorfosis.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kulit petai dan kulit ubikayu berpotensi menjadi bahan sumber bioinsektisida alternatif dalam pengendalian hayati serangga hama peternakan *Alphitobius diaperinus*. Hasil pengujian membuktikan bahwa kedua ekstrak tersebut mengandung senyawa aktif yang mampu menghambat kemampuan makan dan metamorfosis serangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Negeri Semarang. Artikel ini merupakan sebagian dari hasil penelitian yang telah dibiayai oleh DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Universitas Negeri Semarang Nomor: DIPA-023.17.2.677507/2022 tanggal 17 bulan November tahun 2021 dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES Tahun 2022 Nomor 2.8.3/UN37/PPK.3.1/2022 tanggal 08 Maret 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejumo O.O., 2019. Investigating Cassava Root Cortex Peels as a Potential Source of Toxic Contaminant. *EC Nutrition*, 14, pp.153-157.
- Agabou A., & Alloui N., 2010. Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a Reservoir for Pathogenic Bacteria in Algerian Broiler Houses. *Vet. World*, 3, pp.71-73.
- Arivoli, S., & Tennyson, S., 2020. Antifeedant Activity of Leaf Extracts against *Spodoptera litura* Fabricius 1775 (Lepidoptera : Noctuidae) Highlighting the Mechanism of Action. *London Journal of Research in Science: Natural and Formal*, 20(4), pp.67-80.
- As'ad, M.F., Kaidi, F.N.U., & Syarief, M., 2019. Status Resistensi Walang Sangit (*Leptocorisa acuta* F.) terhadap Insektisida Sintetik dan Kepekaannya terhadap *Beauveria bassiana* pada Tanaman Padi. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(2), pp.79-86.
- Atmaja, K.S., & Hendrayana, M.A., 2019. Aktivitas Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Kulit Petai (*Parkia Speciosa* Hassk) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Klebsiella Pneumoniae*. *E-Jurnal Medika Udayana*, 8(1), pp.67-74.
- Chowański, S., Adamski, Z., Marciniak, P., Rosiński, G., Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K., Falabella, P., Scrano, L., Ventrella, E., Lelario, F., & Bufo, S.A., 2016. A Review of Bioinsecticidal Activity of Solanaceae alkaloids. *Toxins*, 8(3), pp.1-28.
- Desi, K., 2016. Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Fraksi Etil Asetat Tumbuhan Rumput Mutiara (*Hedyotis corymbosa* L.) dan Uji Toksisitas dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *Disertasi*. Universitas Andalas.
- Dinev, I., 2013. The Darkling Beetle (*Alphitobius diaperinus*)—A Health Hazard for Broiler Chicken Production. *Trakia J. Sci*, 11, pp.1-4.
- Ervina, N., 2014. Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Singkong (*Manihot utilissima* Pohl) Sebagai Larvasida *Aedes aegypti*. *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura*, 1(1), pp.1-16.

- Fajrin, F.I., & Susila, I., 2019. Antioxidant Potential in Petai Peel (*Parkia Speciosa*). *Jurnal Midpro*, 11(2), pp.161-168.
- Fathoni, M., Yanuwadi, B., & Leksono, A.S., 2013. The Effectiveness of Combination Mahogany (*Swietenia mahogany*) Seed and Sour Sup (*Annona muricata*) Leaf Pesticide to the Time of Stop Feeding and LC50 Mortality on Armyworm (*Spodoptera litura* F.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 3(11), pp.71-77.
- Firdaus, M., & Yuharmen, Y., 2018. Uji Aktivitas Senyawa Golongan Kumarin Dari Ekstrak Etil Asetat Daun Suren (*Toona sureni* (Blume) Merr), pp.1-10.
- Gilani, G.S., Wu-Xiao, C., & Cockell, K.A., 2012. Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *British Journal of Nutrition*, 108(2), pp. S315-S332.
- Hapsari, Y., Septiana, E., Rachman, F., Syamsiah, S., Kusharyoto, W., Heliawati, L., Bustanussalam., Rahmawati, S.I., Izzati, F.N., & Simanjuntak, P., 2022. Potensi Aktivitas Antimalaria dari Ekstrak Air Daun Jung Rahab (*Baekkea Frutecens*). *Biopropal Industri*, 12(2), pp.80-89.
- Hazeleger, W.C., Bolder, N.M., Beumer, R.R., & Jacobs-Reitsma, W.F., 2008. Darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) and Their Larvae as Potential Vectors for the Transfer of *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica* Serovar Paratyphi B variant Java between Successive Broiler Flocks. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(22), pp.6887-6891.
- Huang, D., Liu, A., Liu, W., Liu, X., Ren, Y., Zheng, X., Pei, H., Xiang, J., Huang, M., & Wang, X., 2017. Synthesis and Insecticidal Activities of Novel 1H-pyrazole-5-carboxylic Acid Derivatives. *Heterocyclic Communications*, 23(6), pp.455-460.
- Iftita, F.A., 2016. Uji Efektifitas Rendaman Daun Ubi kayu (*Manihot utilissima*) Sebagai Insektisida Terhadap Nyamuk *Aedes*

- Aegypti* Dengan Metode Elektrik Cair. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2016, pp.20-29.
- Karsalina, S.A., Hadiastono, T., Martosudiro, M., & Bedjo, B., 2017. Pengaruh Ekstrak Bahan Nabati Sebagai Pelindung Infektivitas *Spodoptera Litura* Nuclear Polyhedrosis Virus JTM 97 C terhadap Radiasi Sinar Ultraviolet untuk Mengendalikan *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 5(2), pp.52-60.
- Lambkin, T.A., & Furlong, M.J., 2014. Application of Spinosad Increases the Susceptibility of Insecticide-Resistant *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Pyrethroids. *J. Econ. Entomol*, 107, pp.1590–1598.
- Lyons, B.N., Crippen, T.L., Zheng, L., Teel, P.D., Swiger, S.L., & Tomberlin, J.K., 2017. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* in Texas to Permethrin and b-cyfluthrin-treated Surfaces. *Pest Manag. Sci.*, 73, pp.562–567.
- Meilina, S., 2017. Pengaruh Ekstrak Teripang (Holothuroidea) terhadap Gambaran Mikroskopis Sel Darah dari Mencit (*Mus Musculus*) yang Terkontaminasi Pestisida Diazinon. *Disertasi*, Universitas Brawijaya.
- Mohammed, M., 2014. Prospect of Antifeedant Secondary Metabolites As Post. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(1), pp.8701–8708.
- Nabilah, A.R., & Widiyaningrum, P., 2022. Analisis Fitokimia Ekstrak Kulit Petai dan Ubi Kayu Serta Pengaruhnya terhadap Kemampuan Metamorfosis Kutu Kandang. *Prosiding Seminar Nasional IP2B VI*. Universitas Negeri Surabaya.
- Odilia, M.R., Putri, D.T.Z.A., Rosetyadewi, A.W., Wijayanti, A.D., Budiyanto, A., Jadi, A.R., & Pratama, A.M., 2022. Identification of Antinutritional, Antioxidant, and Antimicrobial Activity of Plants that Cause Livestock Poisoning in Bojonegoro Regency, Indonesia. *Veterinary World*, 15(9), pp.2131-2140.

- Okoro, I.O., Kadiri, H.E., & Aganbi, E., 2019. Skrining Fitokimia Perbandingan, di Vivo Efek Antioksidan dan Nefroprotektif Ekstrak Daun Ubi kayu pada Tikus yang Mabuk Parasetamol. *Jurnal Laporan dalam Ilmu Farmasi*, 2019, pp.188-194.
- Osipitan, A.A., Sangowusi, V.T., Lawal, O.I., & Popoola, K.O., 2015. Correlation of Chemical Compositions of Cassava Varieties to Their Resistance to *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Insect Science*, 15(1), pp.1-7.
- Paradis, D., Bérail, G., Bonmatin, J.M., & Belzunces, L.P., 2014. Sensitive Analytical Methods for 22 Relevant Insecticides of 3 Chemical Families in Honey by GC-MS/MS and LC-MS/MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406(2), pp.621-633.
- Ramadani, G., 2018. Pengaruh Ekstrak Kulit Petai (*Parkia speciosa*) sebagai Antioksidan Alami pada Pemakaian Minyak Goreng Deep Frying terhadap Kadar MDA Hepar Mencit (*Mus musculus*). *J Saintika Med*. 8(1), pp.2002-7.
- Riddick, E.W., 2021. Potential of Quercetin to Reduce Herbivory without Disrupting Natural Enemies and Pollinators. *Agriculture*, 11(6), pp.476.
- Renault, D., & Colinet, H., 2021. Differences in the Susceptibility to Commercial Insecticides among Populations of the Lesser Mealworm *Alphitobius diaperinus* Collected from Poultry Houses in France. *Insects*, 12(4), pp.309, pp.1-14.
- Salaki, C.L., Paendong, E., & Pelealu, J., 2012. Biopestisida Dari Ekstrak Daun Pangi (*Pangium sp*) terhadap Serangga *Plutella xylostella* di Sulawesi Utara. *Eugenia*, 18(3), pp.171-178.
- Sayono, Safira, F.A., & Anwar, R., 2019. In-vitro Study on the Larvicidal Activity of *Manihot glaziovii* Peel Extract against *Aedes aegypti* Larvae. *Annals of Parasitology*, pp.403-410.
- Setiawan, D., & Rakhmawaty, D., 2014. Sintesis Dan Karakterisasi Senyawa 3, 3'-Benzilidena Bis-4-Hidroksi Kumarin Untuk

- Sediaan Radioterapi. *Chimica et Natura Acta*, 2(3), pp.154-159.
- Siamtuti, W.S., Aftiarani, R., Wardhani, Z., Kusuma, A.N., & Hartoko, I.V., 2017. Potensi Tannin Pada Ramuan Ngingang. *Bioeksperimen*, 3(2), pp.83-93.
- Sumartini., 2016. Biopestisida untuk Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. *IPTEK Tanaman Pangan*, 2016, pp.159-166.
- Tunsaringkarn, T., Soogarun, S., Rungsiyothin, A., & Palasuwan., 2012. Inhibitory Activity of Heinz Body Induction in Vitro Antioxidant Model and Tannin Concentration of Thai Mimosaceous Plant Extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(24), pp.4096-4101.
- Utami, A., Dadang, D., Nurmansyah, A., & Laba, I.W., 2017. Tingkat Resistensi *Helopeltis antonii* (Hemiptera: Miridae) pada Tanaman Kakao terhadap Tiga Golongan Insektisida Sintetis. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(2), pp.89-98.
- Verawaty., 2016. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Etanol Kulit dan Biji Petai (*Parkia speciosa* hassk) terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *J Akad Farm Pray*, 1(1), pp.8-12.
- Wang, Y., Zhang, L.T., Zhang, D., Guo, S.S., Xi, C., & Du, S.S., 2020. Repellent and Feeding Deterrent Activities of Butanolides and Lignans Isolated from *Cinnamomum camphora* against *Tribolium castaneum*. *Journal of Chemistry*, 2020, pp.1-7.
- Wangari, M.F., 2013. Potential Toxic Levels of Cyanide in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Grown in Some Parts of Kenya. *Theses*, Kenyatta University.
- Widiyaningrum, P., Indriyanti, D.R., Priyono, B., Asiyah, N., & Putri, P.L.F., 2020. Antifeedant Effect of Some Medicinal Plant Extracts Against Rice Weevil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(7), pp.953-958.
- Xin, M., Guo, S., Zhang, W., Geng, Z., Liang, J., Du, S., Deng Z., & Wang, Y., 2017. Chemical Constituents of Supercritical Extracts from *Alpinia officinarum* and the Feeding Deterrent

Activity Against *Tribolium castaneum*. *Molecules*, 22(4), pp.1-12.