

Keefektifan Ekstrak Metanol Daun dan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dalam Menekan Populasi Kutukebul (*Bemisia tabaci* Genn.) pada Tanaman Tomat

Sudarjat^{1*}, Shabriena Almeira Asyiva², dan Hersanti¹

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Ir. Sukarno KM 21, Kampus Jatinangor, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: sudarjat@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 11-12-2025	Effectiveness methanol extract of bilimbi (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.) leaves and fruits in suppressing silverleaf whitefly (<i>Bemisia tabaci</i> Genn.) on tomato plants
Direvisi: 28-12-2025	
Dipublikasi: 31-12-2025	
Keywords: Botanical pesticide, Effectiveness testing, <i>Lethal concentration</i> , Toxicity testing, Tomato yield	Silverleaf whitefly (<i>Bemisia tabaci</i> Genn.) is one of the major pests affecting tomato crops. Its control is commonly reliant on synthetic pesticides. However, as an environmentally friendly approach to pest management, the use of botanical pesticides has recently gained increasing attention. This research aimed to determine the appropriate concentration of methanol extracts from the leaves and fruits of bilimbi (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.) for suppressing silverleaf whitefly populations on tomato plants. The experiment was conducted at the Pesticide and Environmental Toxicology Laboratory and in the Ciparanje greenhouse, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, from July to September 2024. The study was carried out in two experimental stages, namely toxicity testing and effectiveness evaluation. This study employed an experimental method using a Randomized Complete Block Design consisting of nine treatments with three replications. The treatments were P1 (control), P2 (LC ₅₀ of bilimbi leaf extract), P3 (LC ₉₅ of bilimbi leaf extract), P4 (2 × LC ₉₅ of bilimbi leaf extract), P5 (3 × LC ₉₅ of bilimbi leaf extract), P6 (LC ₅₀ of bilimbi fruit extract), P7 (LC ₉₅ of bilimbi fruit extract), P8 (2 × LC ₉₅ of bilimbi fruit extract), and P9 (3 × LC ₉₅ of bilimbi fruit extract). The results showed that methanol extracts of bilimbi leaves and fruits at the lowest effective concentrations of 3.2 g/L and 3.4 g/L, respectively, were effective in suppressing silverleaf whitefly populations on tomato plants and resulted in higher yields compared to the control.
Kata Kunci: <i>Lethal concentration</i> , Panen tomat, Pestisida nabati, Uji keefektifan, Uji toksisitas	Kutukebul (<i>Bemisia tabaci</i> Genn.) merupakan salah satu hama utama pada tanaman tomat. Pengendalian hama ini umumnya masih mengandalkan penggunaan pestisida sintetik. Namun, sebagai upaya pengendalian yang lebih ramah lingkungan, pestisida nabati kini semakin banyak mendapat perhatian. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh (<i>Averrhoa bilimbi</i> L.) yang tepat dalam menekan populasi kutukebul pada tanaman tomat. Percobaan ini dilakukan di laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, dan di rumah kaca Ciparanje Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran sejak bulan Juli hingga September 2024. Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap pengujian yaitu uji toksisitas dan uji keefektifan. Penelitian ini menggunakan metode percobaan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas sembilan perlakuan dan tiga

ulangan, yaitu P1 (kontrol), P2 (LC₅₀ daun belimbing wuluh), P3 (LC₉₅ daun belimbing wuluh), P4 (2 × LC₉₅ daun belimbing wuluh), P5 (3 × LC₉₅ daun belimbing wuluh), P6 (LC₅₀ buah belimbing wuluh), P7 (LC₉₅ buah belimbing wuluh), P8 (2 × LC₉₅ buah belimbing wuluh), P9 (3 × LC₉₅ buah belimbing wuluh). Hasil penelitian didapatkan bahwa ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh pada masing-masing konsentrasi terendah 3,2 g/L dan 3,4 g/L efektif dalam menekan kutukebul pada tanaman tomat dan menghasilkan panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

PENDAHULUAN

Kutukebul (*Bemisia tabaci* Genn.) merupakan salah satu hama utama pada tanaman tomat yang bersifat polifag, memiliki kemampuan reproduksi tinggi, serta mudah beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan (De Barro *et al.*, 2011; Hidayat dkk., 2020). Hama kutukebul menyebabkan kerusakan langsung melalui aktivitas isapan nimfa dan imago yang mengakibatkan klorosis, penurunan luas daun fungsional, dan terganggunya proses fotosintesis (Byrne & Bellows, 1991). Selain itu, ekskresi embun madu memicu pertumbuhan jamur embun jelaga yang menurunkan efisiensi fotosintesis tanaman. Kerusakan tidak langsung yang lebih serius adalah peran *B. tabaci* sebagai vektor berbagai virus penting, terutama *Begomovirus*, yang menyebabkan penyakit kuning dan keriting daun pada tomat dan dapat menurunkan hasil hingga lebih dari 50% pada kondisi serangan berat (Jones, 2003; Navas-Castillo *et al.*, 2011). Setiawati dkk. (2007) melaporkan kehilangan hasil tanaman tomat berkisar antara 20–100% akibat penyakit virus dengan vektor kutukebul.

Pengendalian *B. tabaci* di tingkat petani umumnya masih mengandalkan pestisida sintetik karena efektivitasnya yang cepat dan mudah diaplikasikan. Namun, penggunaan pestisida sintetik secara intensif dan tidak terkontrol telah menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain perkembangan resistensi kutukebul terhadap berbagai golongan insektisida, resurgensi populasi hama, serta penurunan populasi musuh alami (Horowitz *et al.*, 2007; Bass *et al.*, 2014). Selain itu, residu pestisida sintetik pada produk hortikultura berpotensi membahayakan kesehatan konsumen dan mencemari lingkungan. Permasalahan tersebut mendorong perlunya pengembangan alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan sejalan dengan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT).

Pestisida nabati menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan karena mengandung senyawa

metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan fenol yang bersifat toksik, antifeedant, maupun repelen terhadap serangga hama (Wijaya & Syam, 2019). Berbagai penelitian melaporkan efektivitas pestisida nabati dalam menekan populasi kutukebul, antara lain ekstrak nimba (*Azadirachta indica*), sirsak (*Annona muricata*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) pada tanaman famili Solanaceae yang umum menjadi inang hama kutukebul (Farghaly *et al.*, 2009; Haerul dkk. 2016; Safitri dkk., 2024; Tambun dkk., 2025). Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dikenal sebagai tanaman yang kaya akan senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, tanin, saponin, dan asam organik (Zakaria *et al.*, 2011; Hasim dkk., 2019; Starlista dkk., 2025). Ekstrak etanol daun belimbing wuluh dapat menekan hama *Crociodolomia pavonana* F (Juanda dkk., 2023). Selain itu, ekstrak etanol daun belimbing wuluh dapat menekan hama *Plutella xylostella* (Taslia dkk., 2022). Hasil penelitian Nopianti dkk. (2008) membuktikan bahwa ekstrak air buah belimbing wuluh mempunyai pengaruh terhadap tingkat kematian larva *Anopheles aconitus* instar III sebesar 100 % pada konsentrasi 4,5%, dengan kandungan yaitu alkaloid, saponin, dan flavonoid. Kandungan yang terdapat pada daun dan buah belimbing wuluh dapat masuk melalui dinding tubuh larva dan melalui mulut, maka berperan sebagai racun kontak dan racun perut (Syah & Purwani, 2016).

Pengembangan pestisida nabati yang efektif dan aplikatif perlu didasarkan pada pengujian toksisitas yang terukur, salah satunya melalui penentuan nilai lethal concentration (LC₅₀ dan LC₉₅). Nilai LC₅₀ menggambarkan konsentrasi ekstrak yang mampu menyebabkan kematian 50% serangga uji dan menjadi indikator penting dalam mengevaluasi potensi toksik suatu bahan aktif (Finney, 1971; Wang *et al.*, 2025). Pendekatan ini memungkinkan penentuan dosis yang efisien, meminimalkan pemborosan bahan, serta mengurangi risiko dampak negatif terhadap organisme non-

target. Oleh karena itu, pengujian toksisitas berbasis LC_{50} yang dilanjutkan dengan uji keefektifan di rumah kaca menjadi langkah krusial dalam menilai potensi ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh sebagai pestisida nabati untuk pengendalian kutukebul pada tanaman tomat.

Meskipun beberapa studi telah melaporkan efektivitas tanaman belimbing wuluh, informasi mengenai pemanfaatan ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh sebagai pengendali *B. tabaci* masih sangat terbatas. Selain itu, perbandingan efektivitas antara bagian daun dan buah serta penentuan konsentrasi aplikatifnya pada tanaman tomat belum banyak dilaporkan, sehingga membuka peluang pengembangan pestisida nabati berbasis belimbing wuluh. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh yang tepat dalam menekan populasi kutukebul pada tanaman tomat.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap percobaan. Percobaan tahap pertama yaitu uji toksisitas yang dilaksanakan di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Tahap kedua yaitu uji keefektifan ekstrak yang dilaksanakan di Rumah Kaca Ciparanje Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat dengan ketinggian tempat 752 meter di atas permukaan laut (mdpl) dan memiliki suhu sekitar 18–28 °C. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2024.

Rancangan Percobaan untuk Uji Toksisitas dan Uji Efektivitas

Uji toksisitas dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan nilai LC_{50} dan LC_{95} , dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu mencari batas konsentrasi kritis dari ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh yang diuji dengan menentukan rentang konsentrasi insektisida yang mematikan *B. tabaci* dalam kisaran 0% < kematian < 100%. Taraf konsentrasi yang digunakan dalam mencari konsentrasi kritis adalah 0 ppm = perlakuan kontrol; 10^0 ppm = 0,001 g/l; 10^1 ppm = 0,01 g/l, 10^2 ppm = 0,1 g/l; 10^3 ppm = 1 g/l, 10^4 ppm = 10 g/l; dan 10^5 ppm = 100 g/l. Rumus lebar kelas interval untuk

mendapatkan konsentrasi LC_{50} dihitung dengan menggunakan rumus (Winarsunu, 2017):

$$C = \frac{X_n - X_1}{k}$$

Keterangan:

C = Lebar kelas atau interval

X_n = Nilai ambang atas

X_1 = Nilai ambang bawah

K = Banyaknya konsentrasi

Uji keefektifan dilakukan dengan metode eksperimental dan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 9 perlakuan dan 3 kali ulangan sehingga terdapat 27 satuan perlakuan. Uji ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi yang paling efektif dalam menekan populasi kutukebul. Nilai LC_{50} dan LC_{95} yang diperoleh, digunakan sebagai acuan dalam menentukan taraf konsentrasi yang digunakan. Taraf konsentrasi yang digunakan yakni: P1 = konsentrasi 0% (kontrol), P2 = konsentrasi LC_{50} daun belimbing wuluh, P3 = konsentrasi LC_{95} daun belimbing wuluh, P4 = konsentrasi $2 \times LC_{95}$ daun belimbing wuluh, P5 = konsentrasi $3 \times LC_{95}$ daun belimbing wuluh, P6 = konsentrasi LC_{50} buah belimbing wuluh, P7 = konsentrasi LC_{95} buah belimbing wuluh, P8 = konsentrasi $2 \times LC_{95}$ buah belimbing wuluh, dan P9 = konsentrasi $3 \times LC_{95}$ buah belimbing wuluh.

Perbanyakan Serangga Uji *B. tabaci*

Pada tahap ini diawali dengan melakukan pengumpulan imago kutukebul di lapangan yang berasal dari tanaman inang pada lahan pertanian di Kebun Percobaan Ciparanje, Kecamatan Jatinangor. Imago *B. tabaci* diinfestasikan ke dalam kurungan dengan bentuk kubus dengan ukuran 2 m × 1 m × 1 m yang ditutupi oleh kain tile putih (Sudarjat dkk., 2023). Kurungan digunakan sebagai media perbanyakan nimfa *B. tabaci* yaitu pada tanaman tomat yang berumur 3 MST (Minggu Setelah Tanam) yang sudah dipersiapkan sebelum pengujian. Pada tahap ini pertumbuhan dan perkembangan *B. tabaci* perlu diperhatikan, sehingga populasi *B. tabaci* berkembang dengan jumlah yang cukup dan umur yang seragam.

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman Tomat

Varietas tomat yang digunakan adalah Servo F1. Media tanam untuk persemaian benih tomat disiapkan dengan cara mencampurkan tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1 (v/v).

Media tanam dimasukkan ke dalam *seed tray* dan dilakukan penyiraman dengan menggunakan air bersih. Tahap selanjutnya lubangi media tanam dengan kedalaman 2 cm dan masukkan benih tomat sebanyak satu benih pada setiap lubang tanam (Sudarjat dkk., 2023). Pada saat umur persemaian mencapai 3–4 minggu, dilakukan pemindahan bibit dari *seed tray* ke dalam polybag yang memiliki ukuran 30 cm × 30 cm yang telah diisi dengan media tanam tanah, pupuk kompos, dan arang sekam dengan perbandingan 1:1:1 (v/v). Volume dari media tanam terisi sebanyak $\frac{3}{4}$ dari volume polybag. Pada setiap polybag ditanam 1 bibit tanaman tomat, kemudian polybag disusun sesuai dengan urutan perlakuan yang akan diberikan, dengan jarak tanam antar polibag sekitar 50 cm (Sudarjat *et al.*, 2024).

Pemeliharaan tanaman tomat dilakukan dengan melakukan penyiraman, pemupukan dasar, dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan menggunakan embat hingga media tanam basah secara merata, dilakukan setiap hari sebanyak 1–2 kali penyiraman dengan menggunakan air bersih. Selanjutnya, pemberian pupuk NPK dilakukan pada saat tanaman berumur 2 MST dan dilanjut dengan interval 2 minggu yaitu pada saat 4 MSPT dan 6 MSPT. Dosis yang diberikan dengan perbandingan 16:16:16 sebanyak 5 g/tanaman. Penyiangan gulma dilakukan dengan cara mencabut gulma dengan tangan (Sudarjat dkk., 2023).

Infestasi *B. tabaci* pada Tanaman Tomat

Kutukebul sebanyak 30 imago hasil perbanyakan pada tanaman tomat kemudian diinfestasikan pada tanaman tomat yang berumur 2 MST. Tiap tanaman tomat ditutup dengan sungkupan dengan ukuran 120 cm × 50 cm × 50 cm yang terbuat dari kain kasa agar hewan uji tidak berpindah dari tanaman satu ke tanaman lainnya. Tahap selanjutnya, setiap tanaman tomat diberi label untuk menandakan tiap perlakuan serta ulangan (Sudarjat *et al.*, 2024).

Pembuatan Ekstrak Metanol Daun Belimbing Wuluh

Daun tua belimbing wuluh dipetik dari lahan di daerah Subang sebanyak 3 kg. Daun dibersihkan menggunakan air, kemudian dikeringanginkan dalam suhu ruang selama 3 hari dan dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 40 °C selama 24 jam (Yulianti dkk., 2020). Daun yang telah kering dihaluskan dengan alat blender hingga menjadi serbuk dan diayak. Serbuk hasil ayakan dimaserasi dengan pelarut organik metanol, dengan

perbandingan 1:10. Simplisia yang telah dimaserasi lalu diaduk 1 x 24 jam dan didiamkan selama 3 hari di tempat gelap. Selanjutnya hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring kemudian dimasukkan ke dalam botol. Hasil penyaringan diuapkan dengan menggunakan alat *rotary evaporator* pada suhu 40 °C sampai diperoleh sediaan seperti pasta yang pekat (Makalunsenge dkk., 2022). Pasta yang dihasilkan disimpan ke dalam botol kaca dan disimpan didalam lemari es selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pengenceran dengan menggunakan air untuk mendapatkan konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh yang diinginkan.

Pembuatan Ekstrak Metanol Buah Belimbing Wuluh

Buah matang belimbing wuluh sebanyak 3 kg dibersihkan menggunakan air, kemudian diiris tipis. Buah belimbing wuluh dikeringangin selama 3 hari dan dipanaskan menggunakan oven pada suhu 40 °C selama 24 jam, kemudian diblender dan diayak hingga menjadi tepung (Yulianti dkk., 2020). Tepung tersebut dicampurkan dengan metanol, kemudian diaduk 1 x 24 jam dan didiamkan selama 3 hari di tempat gelap. Selanjutnya diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 40 °C sampai diperoleh sediaan seperti pasta yang pekat (Makalunsenge dkk., 2022). Pasta yang dihasilkan disimpan ke dalam botol kaca dan disimpan pada lemari es selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pengenceran dengan menggunakan air untuk mendapatkan konsentrasi ekstrak buah belimbing wuluh yang diinginkan.

Uji Toksisitas Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh terhadap Kutukebul

Aplikasi ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh terhadap tanaman tomat dilakukan dengan menyemprotkan volume semprot hasil dari kalibrasi. Tahap uji ini menggunakan enam perlakuan dan empat kali ulangan selama dua hari (48 jam) dengan menghitung jumlah serangga uji yang mati pada periode waktu paparan 24 dan 48 jam. Persentase kematian (mortalitas) pada tiap perlakuan dihitung dengan cara membandingkan banyaknya serangga yang mati dengan jumlah serangga uji.

Uji Efektivitas Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh terhadap Kutukebul

Tanaman tomat bebas pestisida yang telah diinfestasi kutukebul disemprot dengan pestisida nabati ekstrak daun dan buah belimbing wuluh. Penyemprotan dilakukan saat sore hari jam 15.00–

17.00 WIB dengan menggunakan *handsprayer*. Hal ini dilakukan karena suhu dan sinar matahari saat sore hari tidak tinggi seperti di siang hari yang dapat menyebabkan pestisida menguap lebih cepat sebelum sempat meresap ke dalam tanaman atau terserap oleh organisme target (Lina & Suryadarma, 2016).

Pengamatan kepadatan populasi nimfa dilakukan 2 minggu setelah infestasi *B. tabaci* dan sebelum diaplikasikan ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh pada tanaman tomat. Diamati dengan interval satu minggu sekali hingga tanaman berumur 10 MST. Perhitungan kepadatan populasi nimfa *B. tabaci* dilakukan dengan menghitung nimfa pada 10 helai daun per tanaman (Sudarjat dkk., 2023).

Tinggi tanaman tomat diukur untuk mengetahui pengaruh aplikasi ekstrak daun dan buah belimbing wuluh terhadap pertumbuhan tanaman tomat. Pada saat tanaman tomat berumur 2 MST mulai dilakukan pengukuran tinggi tanaman hingga berumur 10 MST. Pengukuran tinggi tanaman tomat dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan menggunakan meteran yang dihitung dari pangkal batang hingga pucuk tanaman tomat (Sudarjat dkk., 2023). Panen dilakukan sebanyak 5 kali pada saat pagi hari. Interval waktu empat hari sekali saat buah tomat sudah menunjukkan ciri-ciri kematangan secara fisiologis yaitu kulit buah yang telah berubah menjadi merah atau oranye (Tursilawati dkk., 2016).

Tingkat Efikasi Insektisida

Pestisida nabati ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh dihitung tingkat efikasinya agar mengetahui apakah pestisida nabati tersebut efektif atau tidak terhadap kutukebul pada tanaman tomat. Efikasi insektisida dihitung menggunakan rumus Abbott karena pada pengamatan pertama populasi kutukebul, tidak berbeda nyata antar perlakuan. Rumus Abbott (Dirjen PSP, 2012):

$$EI = \frac{Ca - Ta}{Ca} \times 100 \%$$

Keterangan:

EI : Efikasi insektisida yang diuji (%)

Ca : Populasi kutukebul pada plot kontrol setelah penyemprotan insektisida

Ta : Populasi kutukebul pada plot perlakuan insektisida yang diuji setelah penyemprotan insektisida

Efikasi insektisida yang diuji berdasarkan pada kepadatan populasi hama kutukebul (*B. tabaci*). Insektisida dikatakan efektif jika pada sekurang-

kurangnya $(1/2 n + 1)$ kali pengamatan (n = jumlah pengamatan setelah aplikasi), tingkat efikasi insektisida tersebut ($EI \geq 70 \%$ dengan syarat sebagai berikut (Direktorat Pupuk dan Pestisida Departemen Pertanian, 2012):

- Kepadatan populasi kutukebul pada plot perlakuan insektisida yang diuji lebih rendah atau tidak berbeda nyata dengan kepadatan populasi kutukebul pada plot perlakuan insektisida pembanding (taraf nyata 5 %)
- Kepadatan populasi kutukebul pada plot perlakuan insektisida yang diuji lebih rendah atau berbeda nyata dengan populasi kutukebul pada plot kontrol (taraf nyata 5 %)

Pengamatan Suhu dan Kelembaban

Suhu dan kelembaban diukur dengan menggunakan *thermohygrometer* untuk mengetahui kondisi lingkungan pada tempat pengujian kutukebul. Suhu diamati setiap hari pada jam 07:00, 13:00, dan 18:00 selama bulan Juli hingga September.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Toksisitas Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh terhadap Kutukebul

Uji konsentrasi kritis yang dilaksanakan di laboratorium selama 48 jam, didapatkan ambang bawah pada 10^2 ppm dan ambang atas pada 10^4 ppm. Tahap selanjutnya nilai tersebut dihitung dengan menggunakan rumus lebar kelas interval untuk mencari interval perlakuan yang akan digunakan pada LC_{50} dan LC_{95} .

Perhitungan jarak interval dilakukan dengan menggunakan rumus lebar kelas interval, seperti yang tercantum pada bahan dan metode, menghasilkan lebar kelas interval sebesar 1.980,2. Oleh karena itu, berdasarkan lebar kelas interval tersebut maka taraf perlakuan konsentrasi ekstrak untuk menentukan besaran nilai LC_{50} dan LC_{95} adalah: 100 ppm = 0,1 g/L; 2.080 ppm = 2,080 g/L; 4.060 ppm = 4,060 g/L; 6.040 ppm = 6,040 g/L; dan 8.020 ppm = 8,020 g/L. Berdasarkan hasil uji tersebut, didapatkan nilai LC_{50} ekstrak daun dan buah belimbing wuluh secara berurutan yaitu 3,2 g/L dan 3,4 g/L. Hal ini berarti dengan konsentrasi tersebut dapat mematikan nimfa kutukebul sebanyak 50% dari jumlah total nimfa yang diujikan. Sementara itu, untuk nilai LC_{95} ekstrak daun dan buah belimbing wuluh secara berurutan yaitu 7,3 g/L dan 7,5 g/L (Tabel 1). Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut dapat mematikan nimfa

kutukebul sebanyak 95% dari jumlah total nimfa yang diujikan.

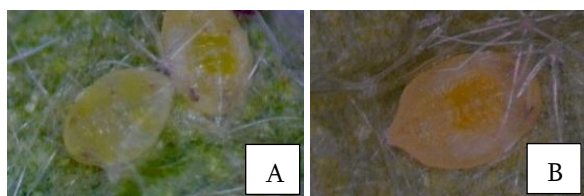
Adanya gejala perubahan warna dan bentuk pada nimfa merupakan cara menentukan nimfa mati pada uji toksisitas. Pada Gambar 1 dapat dilihat dari warna *B. tabaci* yang berubah warna menjadi kuning gelap dan bentuk seperti mengeras dan kering. Perubahan warna dan bentuk pada nimfa terjadi disebabkan oleh metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun dan buah belimbing wuluh yang bersifat toksik.

Senyawa saponin bersifat racun perut, dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan sehingga nafsu makan nimfa menurun dan menyebabkan kematian, sementara kandungan senyawa fenol merupakan racun kontak yang dapat menyebabkan kematian karena kehilangan banyak cairan (Syah & Purwani, 2016). Demikian juga bahwa kandungan senyawa alkaloid dapat merusak sel saluran pencernaan karena bisa mendegradasi dinding sel (Sari & Cahyati, 2015).

Tabel 1. Hasil uji toksisitas ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh

Bahan ekstrak	LC ₅₀ (g/L)	Confidence limit		LC ₉₅ (g/L)	Confidence limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
Daun	3,22	2,73	3,63	7,36	6,47	8,82
Buah	3,41	2,89	3,83	7,58	6,70	9,07

Keterangan: LC₅₀ = *Lethal Concentration* 50%, LC₉₅ = *Lethal Concentration* 95%.



Gambar 1. Perbandingan nimfa: (A) nimfa hidup, dan (B) nimfa mati.

Keefektifan Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh dalam Mengendalikan Kepadatan Populasi Nimfa *B. tabaci*

Hasil analisis statistik pada Tabel 2 menunjukkan pada minggu sebelum diaplikasikan ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh, kepadatan populasi kutukebul tidak berbeda. Namun, setelah dilakukan perlakuan pada minggu pertama hingga keenam, menunjukkan adanya penurunan populasi nimfa kutukebul. Hal tersebut menandakan bahwa ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh mampu menekan populasi kutukebul. Pada pengamatan minggu pertama setelah aplikasi, P2 (3,2 g/L daun belimbing wuluh) dan P6 (3,4 g/L buah belimbing wuluh) merupakan perlakuan dengan konsentrasi paling rendah namun sudah berhasil menekan populasi kutukebul dengan mortalitas secara berurutan sebesar 16,0% dan 14,1% menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol. Sementara itu, pada P4 (14,6 g/L daun belimbing wuluh), P5 (21,9 g/L daun belimbing wuluh) dan P9 (22,5 g/L buah belimbing wuluh) memiliki mortalitas secara berurutan sebesar 61,7%, 65,2%, dan 58,3% menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Kepadatan populasi kutukebul pada perlakuan

kontrol semakin meningkat, dikarenakan tidak ada pengaplikasian pestisida nabati.

Pada pengamatan minggu kedua setelah aplikasi, kepadatan populasi nimfa masih tinggi yaitu pada P2 (3,2 g/L), P3 (7,3 g/L), P6 (3,4 g/L) dan P7 (7,5 g/L) memberikan hasil yang tidak berbeda nyata antara satu perlakuan dengan lainnya. Pada minggu ketiga setelah aplikasi, P2 (3,2 g/L) dan P6 (3,4 g/L) berbeda nyata dengan P3 (7,3 g/L), P7 (7,5 g/L) dan P8 (15,0 g/L), sedangkan pada P4 (14,6 g/L), P5 (21,9 g/L) dan P9 (22,5 g/L) terjadi penurunan kepadatan populasi nimfa yang sangat nyata dengan rata-rata populasi nimfa secara berurutan sebesar 11,6, 7,3, dan 14,0.

Pada pengamatan minggu keempat setelah aplikasi, P4 (14,6 g/L), dan P5 (21,9 g/L) mampu menekan kepadatan populasi nimfa kutukebul dengan mortalitas sebesar 100%, sedangkan pada P9 (22,5 g/L) masih terdapat nimfa kutukebul dengan rata-rata sebesar 4,0. Pada pengamatan minggu keempat menunjukkan kemampuan ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh untuk menekan nimfa kutukebul pada umur yang berbeda-beda. Pada pengamatan minggu kelima dan keenam, P4 (14,6 g/L), P5 (21,9 g/L), dan P9 (22,5 g/L) merupakan perlakuan terbaik dalam menekan kepadatan nimfa kutukebul dengan mortalitas sebesar 100% serta berbeda nyata dengan perlakuan lainnya maupun dengan kontrol.

Berdasarkan hasil pengamatan, maka dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan maka semakin tinggi kemampuan untuk menekan populasi kutukebul.

Semakin banyak senyawa maka semakin tinggi daya racun yang mengakibatkan kutukebul mengalami kematian (Rustam & Tarigan, 2021). Penurunan populasi tersebut disebabkan oleh adanya salah satu kandungan senyawa yang terdapat pada daun dan buah belimbing wuluh yaitu alkaloid yang dapat mengganggu sistem kerja saraf serangga (Saputri

dkk., 2020). Selain itu, flavanoid bersifat juga sebagai racun pernapasan dengan masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan yang akan menyebabkan kerusakan pada sistem pernapasan dan mengakibatkan serangga tidak bisa bernafas kemudian mati (Cania & Setyaningrum., 2013).

Tabel 2. Pengaruh ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh terhadap kepadatan populasi kutukebul *B. tabaci* (ekor)

Perlakuan	Populasi nimfa kutukebul <i>B. tabaci</i> (ekor) pada minggu ke-... setelah aplikasi						
	0	1	2	3	4	5	6
P1 = kontrol (air)	104,0 a	154,3 a	222,0 a	274,3 a	381,6 a	480,0 a	627,3 a
P2 = 3,2 g/L daun belimbing wuluh	102,0 a	85,6 b	76,6 b	65,3 b	58,6 b	53,0 b	44,3 b
P3 = 7,3 g/L daun belimbing wuluh	102,6 a	82,0 b	70,3 b	44,6 c	34,0 c	20,6 c	18,0 c
P4 = 14,6 g/L daun belimbing wuluh	103,6 a	39,6 c	29,0 d	11,6 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
P5 = 21,9 g/L daun belimbing wuluh	104,6 a	36,3 c	27,3 d	7,3 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
P6 = 3,4 g/L buah belimbing wuluh	103,3 a	88,6 b	78,6 b	73,0 b	63,3 b	59,0 b	54,0 b
P7 = 7,5 g/L buah belimbing wuluh	102,6 a	85,3 b	73,3 b	45,3 c	35,0 c	24,3 c	21,0 c
P8 = 15,0 g/L buah belimbing wuluh	104,3 a	80,0 b	50,0 c	40,0 c	27,0 c	17,6 c	11,3 d
P9 = 22,5 g/L buah belimbing wuluh	103,3 a	43,0 c	32,3 d	14,0 d	4,0 d	0,0 d	0,0 d

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Kandungan lain yang mempercepat kematian serangga adalah tanin, tanin merupakan kandungan tertinggi pada daun belimbing wuluh sebesar 4,11% (Syah & Purwani, 2016). Tanin merupakan racun perut, dikarenakan rasa yang pahit dapat mengurangi nafsu makan pada serangga, sehingga mengakibatkan kelaparan dan perlahan-lahan akan mati (Unitly dkk., 2021). Sedangkan, kandungan tertinggi pada buah belimbing wuluh yaitu saponin sebesar 2,5% (Fahrunnida dan Pratiwi, 2015). Saponin bersifat sebagai racun perut, dengan mekanisme kerja yang dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan (Yunus dkk., 2018)

Tingkat Efikasi Ekstrak Metanol Daun dan Buah Belimbing Wuluh

Uji efikasi dilakukan dengan tujuan mengetahui efektivitas ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh dalam menekan populasi kutukebul. Perhitungan uji efikasi pada penelitian ini menggunakan rumus Abbot karena kepadatan populasi kutukebul tidak berbeda nyata antar perlakuan pada pengamatan pertama (sebelum

aplikasi ekstrak). Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada pengamatan kedua P4 (14,6 g/L daun belimbing wuluh), P5 (21,9 g/L daun belimbing wuluh), dan P9 (22,5 g/L buah belimbing wuluh) memiliki nilai efikasi $\geq 70\%$. Pada P8 (15,0 g/L buah belimbing wuluh) memiliki nilai efikasi $\geq 70\%$ pada pengamatan ketiga, sedangkan P2 (3,2 g/L daun belimbing wuluh), P3 (7,3 g/L daun belimbing wuluh), P6 (3,4 g/L buah belimbing wuluh), P7 (7,5 g/L buah belimbing wuluh) memiliki nilai efikasi $\geq 70\%$ pada pengamatan keempat. Berdasarkan ketentuan efikasi insektisida yang telah ditetapkan oleh Direktorat Pupuk dan Pestisida (2012), suatu pestisida dikatakan efektif jika minimal $(1/2 n + 1)$ pengamatan, dalam hal ini sama dengan 4 dari 6 kali pengamatan nilai efikasinya $\geq 70\%$. Dengan demikian, perlakuan dengan konsentrasi terendah yaitu P2 (3,2 g/L daun belimbing wuluh), dan P6 (3,4 g/L buah belimbing wuluh) sudah memenuhi syarat efektifnya suatu insektisida dengan nilai efikasi $\geq 70\%$ sebanyak 4 dari 6 kali pengamatan di dalam rumah kaca.

Tabel 3. Tingkat efikasi ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh terhadap kutukebul

Perlakuan	Efikasi aplikasi minggu ke-... (%)					
	2	3	4	5	6	7
P1 = kontrol (air)	0	0	0	0	0	0
P2 = 3,2 g/L daun belimbing wuluh	44,52	65,50	76,19	84,64	88,96	92,94
P3 = 7,3 g/L daun belimbing wuluh	46,86	68,33	83,74	91,09	95,71	97,13
P4 = 14,6 g/L daun belimbing wuluh	74,34	86,94	95,77	100	100	100
P5 = 21,9 g/L daun belimbing wuluh	76,47	87,70	97,34	100	100	100
P6 = 3,4 g/L buah belimbing wuluh	42,58	64,59	73,39	83,41	87,71	91,46
P7 = 7,5 g/L buah belimbing wuluh	44,72	66,98	83,49	90,83	94,94	96,60
P8 = 15,0 g/L buah belimbing wuluh	48,15	77,48	85,42	92,92	96,33	98,20
P9 = 22,5 g/L buah belimbing wuluh	72,13	85,45	94,90	98,95	100	100

Pengaruh Aplikasi Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh terhadap Tinggi Tanaman dan Hasil Buah Tomat

Berdasarkan hasil analisis statistik pada Tabel 4, ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh dengan konsentrasi yang beragam memberikan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol, akan tetapi tidak berbeda nyata antar perlakuan. Hal ini dapat disebabkan karena serangan dari kepadatan populasi kutukebul belum mampu menghambat pertumbuhan tanaman tomat. Hasil penelitian Gunaeni dkk. (2014) diketahui bahwa kepadatan populasi nimfa kutukebul sekitar 100-an berpengaruh dalam menghambat tinggi tanaman.

Hasil pengamatan tinggi tanaman tomat pada P1 (kontrol) bahwa perlakuan tanpa aplikasi pestisida ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh menunjukkan hasil tinggi yang berbeda nyata dengan semua perlakuan. Hal ini dikarenakan kepadatan populasi kutukebul yang tinggi. Selain itu, pada perlakuan kontrol terdapat embun jelaga pada

permukaan daun tomat. Adanya embun jelaga disebabkan oleh nimfa dan imago yang mengeksresikan cairan mengandung gula dari hasil menghisap cairan daun (Sulistyo, 2016). Embun jelaga dapat mengganggu proses fotosintesis, hal ini disebabkan kehadirannya menutupi daun sehingga stomata daun tertutup (Javandira dkk., 2022). Nurtjahyani dan Murtini (2015) mengatakan bahwa serangan kutukebul dapat menyebabkan tanaman kerdil atau tumbuh tidak normal dan daun mengeriting.

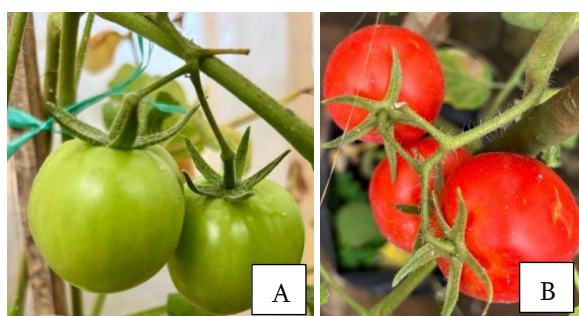
Berdasarkan hasil pengamatan maka dapat dinyatakan bahwa ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh mampu menekan populasi kutukebul dan pertumbuhan tinggi menjadi lebih optimal. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kepadatan populasi kutukebul maka pertumbuhan tinggi tanaman tomat menjadi terhambat, sebaliknya semakin rendah populasi kutukebul maka tinggi tanaman tomat akan semakin optimal.

Tabel 4. Tinggi tanaman tomat

Perlakuan	Tinggi tanaman tomat (cm)				
	2	4	6	8	10
P1 = kontrol (air)	16,6 a	23,0 b	38,0 b	66,6 b	87,6 b
P2 = 3,2 g/L daun belimbing wuluh	16,0 a	30,3 a	63,0 a	112,3 a	132,0 a
P3 = 7,3 g/L daun belimbing wuluh	16,6 a	30,0 a	63,6 a	113,3 a	133,6 a
P4 = 14,6 g/L daun belimbing wuluh	16,3 a	31,6 a	64,0 a	114,0 a	134,0 a
P5 = 21,9 g/L daun belimbing wuluh	16,6 a	31,6 a	64,3 a	115,0 a	134,3 a
P6 = 3,4 g/L buah belimbing wuluh	17,0 a	29,6 a	62,3 a	111,3 a	130,6 a
P7 = 7,5 g/L buah belimbing wuluh	17,0 a	30,0 a	62,6 a	112,0 a	131,6 a
P8 = 15,0 g/L buah belimbing wuluh	16,0 a	31,0 a	63,3 a	113,0 a	132,3 a
P9 = 22,5 g/L buah belimbing wuluh	18,0 a	31,6 a	63,6 a	114,0 a	133,0 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pada saat tanaman tomat berumur 10 MST sudah dapat dilakukan pemanenan yang dilakukan sebanyak lima kali dengan interval panen empat hari sekali. Buah tomat yang dipanen yaitu buah yang matang secara fisiologis (Gambar 2) dengan ciri buah tomat yang berwarna kemerahan. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil panen buah tomat berbeda-beda antar perlakuan. Hasil panen terendah didapatkan pada perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena kepadatan populasi kutukebul yang tinggi, sehingga mengganggu proses fotosintesis dan menurunkan hasil panen buah tomat.



Gambar 2. Buah tomat pada percobaan (A) buah tomat belum matang dan (B) buah tomat matang.

Tabel 5. Rata-rata hasil panen tanaman tomat

Perlakuan	Hasil panen (g)
P1 = kontrol (air)	766,3 a
P2 = 3,2 g/L daun belimbing wuluh	965,0 b
P3 = 7,3 g/L daun belimbing wuluh	980,0 b
P4 = 14,6 g/L daun belimbing wuluh	1091,6 c
P5 = 21,9 g/L daun belimbing wuluh	1228,3 d
P6 = 3,4 g/L buah belimbing wuluh	945,0 b
P7 = 7,5 g/L buah belimbing wuluh	958,6 b
P8 = 15,0 g/L buah belimbing wuluh	1069,3 c
P9 = 22,5 g/L buah belimbing wuluh	1200,0 d

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Agastya dkk. (2020) mengatakan apabila tingkat populasi kutu kebul yang tidak dikendalikan, maka akan menurunkan hasil panen hingga 80%. Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara perlakuan kontrol dan perlakuan yang diaplikasikan pestisida ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh. Di antara perlakuan yang diuji, pada P5 (21,9 g/L daun belimbing wuluh) dengan berat hasil panen sebanyak

1228,3 g dan P9 (22,5 g/L buah belimbing wuluh) dengan berat hasil panen sebanyak 1200,0 adalah hasil panen yang terbaik. Hal ini dapat dikarenakan kepadatan populasi nimfa kutukebul yang rendah pada saat menyerang tanaman tomat. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Gunaeni dkk. (2014) menyatakan bahwa populasi nimfa kutukebul sebesar 100-an baru dapat berpengaruh terhadap hasil panen buah tomat. Maka dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pestisida ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh mampu menekan populasi kutukebul sehingga berpengaruh terhadap hasil panen buah tomat.

Suhu dan Kelembaban

Faktor eksternal yang berpengaruh bagi perkembangan kutukebul salah satunya adalah suhu dan kelembaban. Dari hasil pengamatan kondisi lingkungan di tempat penelitian, didapatkan data iklim berupa suhu dan kelembaban selama bulan Juli sampai September 2024 dapat dilihat pada Tabel 6. Pada Tabel 6 didapatkan data bahwa tempat penelitian selama bulan Juli–September 2024 memiliki suhu dengan rata-rata sebesar 22,6 °C dan rata-rata kelembaban sebesar 85,3%. Kondisi lingkungan tersebut baik untuk kutukebul, sejalan dengan pendapat Bonaro *et al.* (2007) bahwa kutukebul mampu hidup pada kisaran suhu 17–30 °C. Pada kelembaban 73–100% merupakan titik optimum bagi kutukebul, sehingga populasi kutukebul akan semakin meningkat (Singarimbun dkk., 2017). Marwoto dkk. (2011) menyatakan bahwa peningkatan suhu berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan serangga pada lingkungan suhu optimum, maka kecepatan proses metabolisme serangga hama berbanding lurus dengan kenaikan suhu lingkungan. Selain itu, populasi kutukebul meningkat pada musim kemarau dan berkurang pada musim hujan.

Tabel 6. Suhu dan kelembaban di rumah kaca pada bulan Juli–September 2024

Bulan	Iklim			
	Suhu (°C)			Kelembaban (%)
	Rata-rata	Mak	Min	
Juli	22,2	28,7	12,7	88
Agustus	22,4	30,0	12,7	84
September	23,3	30,3	13,8	84
Rata-rata	22,6	29,6	13,0	85,3

SIMPULAN

Ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh efektif dalam menekan populasi kutukebul pada tanaman tomat. Ekstrak metanol daun dan buah belimbing wuluh pada semua perlakuan efektif dalam menekan populasi kutukebul pada tanaman tomat. Akan tetapi, perlakuan yang paling efisien adalah P2 (3,2 g/L daun belimbing wuluh) dan P6 (3,4 g/L buah belimbing wuluh).

DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, IMI, RPD Julianto, dan Marwoto. 2020. Pengaruh pemanasan global terhadap intensitas serangan kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn) dan cara pengendaliannya pada tanaman kedelai. Buana Sains. 20(1): 99–110.
- Bass, C, I Denholm, MS Williamson, and R Nauen. 2014. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. Pesticide Biochemistry and Physiology. 121: 78–87. DOI: 10.1016/j.pestbp.2014.11.004.
- Bonaro, O, A Lurette, C Vidal, and J Fargues. 2007. Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). Physiological Entomology. 32(1): 50–55. DOI: 10.1111/j.1365-3032.2006.00540.x.
- Byrne, DN, and TS Bellows. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology. 36: 431–457. DOI: 10.1146/annurev.en.36.010191.002243.
- Cania, E, dan E Setyaningrum. 2013. Uji efektivitas larvasida ekstrak daun legundi (*Vitex trifolia*) terhadap larva *Aedes aegypti*. Medical Journal of Lampung University. 2(4): 54–60.
- De Barro, PJ, Liu, SS, Boykin, LM, and AB Dinsdale. 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. Annual Review of Entomology. 56: 1–19. DOI: 10.1146/annurev-ento-112408-085504.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida Departemen Pertanian. 2012. Pedoman Teknis Penggunaan Pestisida. Jakarta.
- [Dirjen PSP] Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian. 2012. Metode Standar Pengujian Efikasi Insektisida. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Fahrnunida, dan R Pratiwi. 2015. Kandungan saponin buah, daun dan tangkai daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). Prosiding Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam. Hlm. 220–224.
- Farghaly, SF, HM Torkey, HM Abou-Yousef. 2009. Natural extracts and their chemical constituents in relation to toxicity against whitefly (*Bemisia tabaci*) and aphid (*Aphis craccivora*). Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(4): 3217–3223.
- Finney, DJ. 1971. Probit Analysis. 3rd ed. Cambridge University Press. Cambridge.
- Gunaeni, N, W Setiawati, dan Y Kusandriani. 2014. Pengaruh perangkap likat kuning, ekstrak *Tagetes erecta*, dan imidacloprid terhadap perkembangan vektor kutukebul dan virus kuning keriting pada tanaman cabai merah. Jurnal Hortikultura. 24(4): 346–354. DOI: 10.21082/jhort.v24n4.2014.p346-354.
- Haerul, MI Idrus, dan Risnawati. 2016. Efektifitas pestisida nabati dalam mengendalikan hama pada tanaman cabai. Jurnal Agrominansia. 1(2): 129–136.
- Hasim, Arifin, Y. Y., Andrianto, D., dan Faridah, N. D. 2019. Ekstrak etanol daun belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai antioksidan dan antiinflamasi. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan. 8(3): 86–93. DOI: 10.17728/jatp.4201.
- Hidayat, P, R Ludji, dan N Maryana. 2020. Kemampuan reproduksi dan riwayat hidup kutukebul *Bemisia tabaci* (Gennadius) dengan dan tanpa kopulasi pada tanaman cabai merah dan tomat. Jurnal Entomologi Indonesia. 17(3): 156–162. DOI: 10.5994/jei.17.3.156.
- Horowitz, AR, S Kontsedalov, V Khasdan, and I Ishaaya. 2007. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. Archives of Insect Biochemistry and Physiology. 58(4): 216–225. DOI: 10.1002/arch.20064.
- Javandira, C, IGAD Yuniti, dan IG Widana. 2022. Pengaruh pestisida daun mimba terhadap mortalitas kutu daun (*Aphis craccivora* Koch) pada tanaman kacang panjang. Agro Bali: Agricultural Journal. 5(3): 485–491. DOI: 10.37637/ab.v5i3.998.
- Jones, DR. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology. 109: 195–219. DOI: 10.1023/A:1022846630513.
- Juanda, BR, Apriani, R, dan I Iswahyudi. 2023. Pengaruh ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap mortalitas

- larva *Crocidolomia pavonana* F. pada tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). Jurnal Agrium. 20(2): 166–176. DOI: 10.29103/agrium.v20i2.11556.
- Lina, M, dan IGP Suryadarma. 2016. Pengaruh pemberian ekstrak daun legundi (*Vitex trifolia*) sebagai pestisida nabati pengendalian hama *Plutella xylostella* pada tanaman sawi (*Brassica juncea*). Kingdom (The Journal of Biological Studies). 5(4): 34–40. DOI: 10.21831/kingdom.v5i4.5852.
- Makalunsenge, MO, A Yudistira, dan E Rumondor. 2022. uji aktivitas antioksidan ekstrak dan fraksi dari *Callyspongia aerizusa* yang diperoleh dari Pulau Manado Tua. Pharmacon. 11(4): 1679–1684.
- Marwoto, FC, AS Indriani, dan RT Hapsari. 2011. Diagnosis ledakan populasi hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) pada pertanaman kedelai (Studi kasus faktor penyebab ledakan populasi kutu kebul di KP Muneng MK 2009). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2009. Hlm. 277–288.
- Navas-Castillo, J, E Fiallo-Olivé, and S Sánchez-Campos. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annual Review of Phytopathology. 49: 219–248. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095235.
- Nopianti, S, D Astuti, dan S Darnoto. 2008. Efektivitas buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) untuk membunuh larva nyamuk *Anopheles aconitus* instar III. Jurnal Kesehatan. 1(2): 103–114.
- Nurtjahyani, SD, dan I Murtini. 2015. Karakterisasi tanaman cabai yang terserang hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Prosiding The 1st University Research Colloquium (URECOL). Hlm. 195–200.
- Rustam, R., & CinthiaTarigan, A. (2021). Uji konsentrasi ekstrak serai wangi terhadap mortalitas ulat grayak jagung. Dinamika Pertanian. 37(3): 199–208. DOI: 10.25299/dp.2021.vol37(3).8928.
- Safitri, B, SU Putri, D Febria, dan WA Darma. 2024. Intensitas serangan kutu kebul pada tanaman tomat dengan pemberian pestisida nabati berbahan dasar daun tembakau. Gontor Agrotech Science Journal. 10(2): 165–172.
- Saputri, A. E., Hariyanti, D. B., Ramadhani, I. A., & Harijani, W. S. (2020). Potensi daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) sebagai biopestisida ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. 18(2): 209–216. DOI: 10.32528/agritrop.v18i2.3740.
- Sari, LA, dan WH Cahyati. 2015. Efektivitas ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dalam bentuk granul terhadap kematian larva nyamuk *Aedes aegypti*. Visikes: Jurnal Kesehatan Masyarakat. 14(1). DOI: 10.33633/visikes.v14i1.1156.
- Setiawati, W, Budiarto, BK, dan N Gunaeni. 2007. Preferensi beberapa varietas tomat dan pola infestasi hama kutu kebul serta pengaruhnya terhadap intensitas serangan virus kuning. Jurnal Hortikultura. 17(4): 374–386. DOI: 10.21082/jhort.v17n4.2007.p%p.
- Singarimbun, MA, Pinem, MI, dan S Oemry. 2017. Hubungan antara populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) dan kejadian penyakit kuning pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). Jurnal Agroekoteknologi. 5(4): 847–854. DOI: 10.32734/ja.v5i4.2499.
- Starlista, V, S Lamin, dan A Yunisy. 2025. Skrining fitokimia ekstrak (*Averrhoa bilimbi* L.) daun dan buah tanaman belimbing wuluh. Jurnal Inovasi Kesehatan Adaptif. 7(6): 96–99.
- Sudarjat, Hersanti, dan R Nurazizah. 2023. Aplikasi jamur entomopatogen *Lecanicillium lecanii* pada berbagai kerapatan konidia dan frekuensi aplikasi terhadap hama kutukebul (*Bemisia tabaci*) pada tanaman tomat. Jurnal Agrikultura. 34(2): 274–283. DOI: 10.24198/agrikultura.v34i2.47658.
- Sudarjat, F Widiyanti, Y Salsabila, dan S Mubarak. 2024. The effect of conidia density and application frequency of the entomopathogenic fungus *Aschersonia aleyrodis* Webber in controlling silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) on tomato (*Solanum lycopersicum* Linnaeus). Plant Protection Science. 60(1): 80–88. DOI: 10.17221/74/2023-PPS.
- Sulistyo, A. 2016. Kriteria Seleksi Penentuan Ketahanan Kedelai terhadap Kutu Kebul. Iptek Tanaman Pangan. 11(1): 77–84.
- Syah, BW, dan KI Purwani. 2016. Pengaruh ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva *Spodoptera litura*. Jurnal Sains dan Seni ITS. 5(2): 23–28. DOI:10.12962/j23373520.v5i2.20528.
- Tambun, ML S Salbila, CA Khairani, A Syabrina, dan TM Sarjani. 2025. Pengaruh ekstrak daun

- pepaya (*Carica papaya*) dan serai (*Cymbopogon citratus*) terhadap mortalitas dan efektifitas hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) sebagai biopestisida tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Agroteknika. 8(2): 302–314. DOI: 10.55043/agroteknika.v8i2.464.
- Taslia, T, T Heiriyani, dan R Wahdah. 2022. Pengaruh konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh terhadap mortalitas ulat tritip (*Plutella xylostella*). Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi. 15(2): 108–111. DOI: 10.21107/agrovigor.v15i2.13429.
- Tursilawati, S, D Damanhuri, dan SL Purnamaningsih. 2016. Uji daya hasil tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) organik. Jurnal Produksi Tanaman. 4(4): 283–290.
- Unitly, AJA, Moniharapon, DD, dan FV Sapulette. 2021. Efek biolarvasida ekstrak etanol daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) penyebab mortalitas larva nyamuk *Anopheles* sp. Biofaal Journal. 2(2): 99–105. DOI: 10.30598/biofaal.v2i2pp99-105.
- Wang, L, Z Zhang, M Askar, Y Li, C Yang, Q Gesang, and H Su. 2025. Effects of LC50 chlorantraniliprole using different application methods on adult *Spodoptera exigua* and across generations. Frontiers in Agronomy. 7: 1698476. DOI: 10.3389/fagro.2025.1698476.
- Wijaya, M, dan H Syam. 2019. Pestisida Nabati. Badan Penerbit UNM. Makassar.
- Winarsunu, T. 2017. Statistik dalam Penelitian Psikologi dan Pendidikan. UMM Press. Malang.
- Yulianti, W, G Ayuningtyas, R Martini, dan I Resmeiliana. 2020. Pengaruh metode ekstraksi dan polaritas pelarut terhadap kadar fenolik total daun kersen (*Muntingia calabura* L). Jurnal Sains Terapan: Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian. 10(2): 41–49. DOI: 10.29244/jstsv.10.2.41-49.
- Yunus, R, A Afrindayanti, dan P Petrus. 2018. Efektivitas sari buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* Linn) sebagai larvasida alami terhadap nyamuk *Aedes* sp. Health Information: Jurnal Penelitian. 10(2): 113–122. DOI: 10.36990/hijp.v10i2.110.
- Zakaria, ZA, H Zaiton, EFP Henie, AM Mat Jais, and MN Somchit. 2011. In vitro antibacterial activity of *Averrhoa bilimbi* L. leaves and fruits extracts. International Journal of Pharmacology. 7(3): 416–421. DOI: 10.3923/ijp.2011.416.421.