Jurnal EnviScience Environment Science
Vol. 10 No. 2 Tahun 2026 Page 88-98
Article

Valorisasi Limbah Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai Pestisida Nabati Ramah Lingkungan

Daning Kinanti Sutama[1*], Erina Endah Kusuma Wardani[1] and Fenni Suryanti[1]

[1]Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan
[*] Correspondence author: daning@unupasuruan.ac.id ; Tel.: -
Received: 8 June 2026; Accepted: 9 October 2026; Published: 23 October 2026

Abstract

Synthetic pesticides remain widely used for managing pests in agricultural production. However, inappropriate application may contribute to environmental contamination, health risks, and ecological disturbances. These concerns encourage the exploration of botanical materials that can serve as alternative sources for pest management. This study aimed to assess the potential of lime peel waste (Citrus aurantifolia) as a botanical pesticide through phytochemical screening and insect mortality assessment at different extract concentrations. Lime peel was extracted by maceration using 96% ethanol, followed by qualitative screening for flavonoids, alkaloids, tannins, and saponins. Pesticidal activity was evaluated using extract concentrations of 5%, 10%, and 15%, with mortality observed for 24 hours. The phytochemical test indicated the presence of flavonoids, alkaloids, tannins, and saponins. Mortality rates of 30%, 60%, and 90% were recorded at extract concentrations of 5%, 10%, and 15%, respectively, while the control treatment resulted in 0% mortality. The increasing mortality response at higher concentrations indicates the potential of lime peel extract for further development as a botanical pesticide. The utilization of lime peel waste also provides an opportunity to increase the value of organic waste through a waste valorization approach.
Keywords: *botanical pesticide; lime peel waste; waste valorization; sustainable agriculture*

Abstrak

Penggunaan pestisida sintetis masih banyak diterapkan dalam pengendalian hama pada kegiatan pertanian. Aplikasi yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain pencemaran lingkungan, risiko kesehatan, dan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem. Kondisi tersebut mendorong pemanfaatan bahan nabati sebagai salah satu alternatif dalam pengendalian hama. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi limbah kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai pestisida nabati melalui skrining fitokimia dan pengamatan mortalitas serangga pada beberapa konsentrasi ekstrak. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan etanol 96%, kemudian dilanjutkan dengan skrining fitokimia secara kualitatif terhadap flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Aktivitas pestisida diuji pada konsentrasi ekstrak 5%, 10%, dan 15% dengan waktu pengamatan selama 24 jam. Hasil skrining menunjukkan adanya flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin dalam ekstrak kulit jeruk nipis. Mortalitas serangga uji berturut-turut sebesar 30%, 60%, dan 90% diperoleh pada konsentrasi 5%, 10%, dan 15%, sedangkan perlakuan kontrol menghasilkan mortalitas 0%. Peningkatan mortalitas pada konsentrasi yang lebih tinggi menunjukkan potensi ekstrak kulit jeruk nipis untuk dikembangkan sebagai pestisida nabati. Pemanfaatan kulit jeruk nipis juga memberikan peluang peningkatan nilai guna limbah organik melalui pendekatan *waste valorization*.
Kata kunci: pestisida nabati; kulit jeruk nipis; limbah organik; *waste valorization*; pertanian berkelanjutan

1. Pendahuluan

Pertanian merupakan salah satu sektor penting dalam penyediaan kebutuhan pangan dan keberlangsungan kehidupan masyarakat. Dalam kegiatan budidaya, produktivitas tanaman dapat dipengaruhi oleh keberadaan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama serangga yang menyerang bagian tanaman dan berpotensi menurunkan hasil panen. Pengendalian organisme tersebut selama ini banyak dilakukan menggunakan pestisida sintetis karena kemampuannya dalam menekan populasi hama secara cepat (1,2).

Di balik efektivitasnya, penggunaan pestisida sintetis yang tidak terkendali dapat menimbulkan permasalahan lingkungan dan kesehatan. Bahan aktif maupun residunya dapat masuk ke tanah dan perairan, memengaruhi organisme non-target, serta meningkatkan risiko paparan terhadap manusia (2,3). Penggunaan dalam jangka panjang juga dapat mendorong terbentuknya resistensi pada organisme sasaran sehingga efektivitas pengendalian dapat mengalami penurunan (4). Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya alternatif pengendalian yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan sintetis.

Salah satu alternatif yang banyak dikembangkan adalah pestisida nabati. Bahan ini memanfaatkan senyawa yang berasal dari tumbuhan dan memiliki aktivitas biologis terhadap organisme pengganggu. Keberadaan berbagai metabolit sekunder dalam tanaman memungkinkan pestisida nabati memberikan efek terhadap serangga melalui mekanisme yang beragam (5,6). Pemanfaatan bahan nabati juga dapat mendukung penerapan pengelolaan hama yang lebih berkelanjutan, meskipun efektivitas dan keamanannya tetap perlu dievaluasi berdasarkan bahan serta kondisi penggunaannya (7,8).

Kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) merupakan salah satu limbah organik yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bahan pestisida nabati. Bagian kulit yang dihasilkan dari aktivitas konsumsi maupun pengolahan jeruk nipis masih belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, kulit buah tersebut mengandung kelompok metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis. Beberapa penelitian telah melaporkan keberadaan senyawa seperti flavonoid dan saponin pada ekstrak kulit jeruk nipis (9).

Pemanfaatan kulit jeruk nipis sebagai bahan pestisida memiliki dua aspek yang saling berkaitan, yaitu pemanfaatan senyawa bioaktif dan pengurangan limbah organik. Limbah yang sebelumnya hanya menjadi material sisa dapat diolah menjadi bahan yang memiliki fungsi tertentu. Pendekatan tersebut sesuai dengan konsep *waste valorization*, yaitu memberikan nilai guna baru pada material limbah melalui proses pemanfaatan atau pengolahan.

Meskipun keberadaan metabolit sekunder pada kulit jeruk nipis telah dilaporkan sebelumnya, kajian yang menghubungkan pemanfaatan limbah tersebut dengan respons mortalitas serangga pada beberapa tingkat konsentrasi ekstrak masih perlu dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kelompok metabolit sekunder dalam ekstrak kulit jeruk nipis serta mengevaluasi aktivitas pestisidanya berdasarkan mortalitas serangga uji pada konsentrasi 5%, 10%, dan 15%.

2. Metode

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) yang diperoleh dari sisa rumah tangga dan pasar tradisional. Bahan kimia yang digunakan dalam proses penelitian meliputi etanol 96% sebagai pelarut ekstraksi, akuades, pereaksi Mayer, HCl, $FeCl_3$, serta bahan pendukung untuk pengujian fitokimia.

2.2 Alat

Peralatan yang digunakan meliputi timbangan analitik, grinder, wadah maserasi, kertas saring, rotary evaporator, serta peralatan gelas laboratorium seperti gelas kimia, Erlenmeyer, gelas ukur, dan pipet tetes. Pengujian aktivitas pestisida menggunakan alat semprot sederhana dan wadah perlakuan sebagai tempat pengamatan serangga uji.

2.3 Preparasi Sampel

Kulit jeruk nipis yang diperoleh terlebih dahulu dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada permukaannya. Sampel kemudian dikeringkan pada suhu ruang sampai kadar airnya berkurang. Kulit yang telah kering dipotong menjadi bagian yang lebih kecil dan selanjutnya dihaluskan menggunakan grinder hingga diperoleh serbuk simplisia. Serbuk tersebut digunakan sebagai bahan pada tahap ekstraksi (10).

2.4 Proses Ekstraksi

Ekstraksi kulit jeruk nipis dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96%. Sebanyak ±100 g serbuk simplisia dimasukkan ke dalam wadah maserasi, kemudian ditambahkan etanol dengan perbandingan bahan dan pelarut sebesar 1:10 (b/v). Campuran dibiarkan selama 3 × 24 jam pada suhu ruang dan dilakukan pengadukan secara berkala. Setelah proses maserasi selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring untuk

memisahkan filtrat dari residu. Filtrat yang diperoleh kemudian dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu sekitar 50°C hingga diperoleh ekstrak kulit jeruk nipis (11).

2.5 Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengetahui keberadaan kelompok metabolit sekunder dalam ekstrak kulit jeruk nipis. Pengujian dilakukan secara kualitatif terhadap empat kelompok senyawa, yaitu flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Identifikasi alkaloid dilakukan menggunakan pereaksi Mayer, sedangkan flavonoid diuji dengan penambahan HCl. Tanin diidentifikasi menggunakan larutan $FeCl_3$, sementara keberadaan saponin ditentukan melalui uji busa. Hasil pengujian ditentukan berdasarkan respons positif atau negatif yang diperoleh pada masing-masing perlakuan (12).

2.6 Pengujian Aktivitas Pestisida Nabati

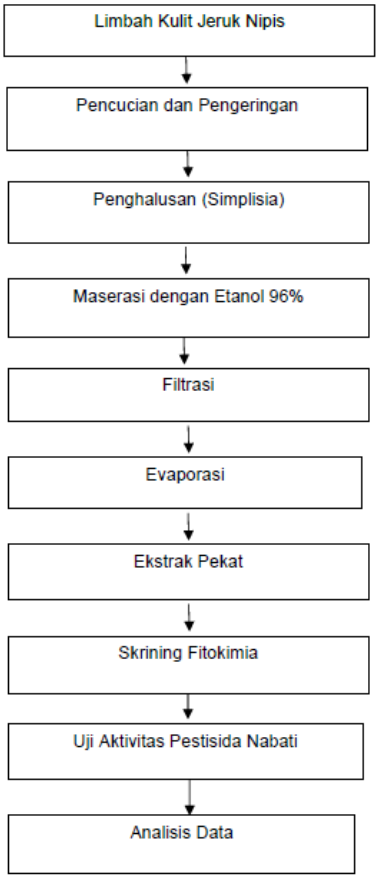
Aktivitas pestisida ekstrak kulit jeruk nipis diuji terhadap lalat buah sebagai serangga uji. Setiap perlakuan menggunakan 10 ekor lalat buah. Perlakuan terdiri atas tiga konsentrasi ekstrak, yaitu 5%, 10%, dan 15%, serta satu kelompok kontrol tanpa pemberian ekstrak. Ekstrak diaplikasikan menggunakan alat semprot sederhana pada serangga uji. Setelah perlakuan diberikan, lalat buah ditempatkan pada wadah pengamatan dan diamati selama 24 jam. Parameter yang diamati meliputi jumlah serangga yang mengalami mortalitas serta perubahan perilaku selama periode pengamatan. Serangga dikategorikan mengalami mortalitas apabila tidak menunjukkan pergerakan setelah diberikan stimulus atau sentuhan (13).

2.7 Analisis Data

Hasil skrining fitokimia dianalisis secara kualitatif berdasarkan respons yang diperoleh pada setiap pengujian metabolit sekunder. Data mortalitas lalat buah dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase serangga yang mati pada masing-masing konsentrasi ekstrak. Persentase mortalitas dihitung dengan membandingkan jumlah lalat buah yang mati terhadap jumlah lalat buah yang digunakan pada setiap perlakuan menggunakan persamaan:

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\textit{Jumlah lalat buah mati}}{\textit{Jumlah lalat buah uji}} \; \boldsymbol{x}\; \mathbf{100\%} \qquad (1)$$

Selanjutnya, persentase mortalitas dibandingkan antarperlakuan untuk menggambarkan perubahan respons lalat buah terhadap perbedaan konsentrasi ekstrak kulit jeruk nipis.



Gambar 1. Diagram alir proses pemanfaatan limbah kulit jeruk nipis menjadi pestisida nabati.

3. Hasil penelitian

3.1 Hasil Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengetahui keberadaan beberapa kelompok metabolit sekunder dalam ekstrak kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*). Pengujian meliputi flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Hasil pengujian menunjukkan adanya respons positif pada keempat kelompok metabolit sekunder tersebut. Rincian hasil skrining fitokimia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kandungan Fitokimia Ekstrak Kulit Jeruk Nipis

Kandungan Metabolit Sekunder	Larutan Uji	Hasil
Flavonoid	HCl	+
Alkaloid	Mayer	+
Tanin	$FeCl_3$	+

Saponin	Uji Busa	+

Tanda (+) menunjukkan hasil positif terhadap pengujian yang dilakukan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak kulit jeruk nipis memiliki empat kelompok metabolit sekunder yang terdeteksi melalui metode skrining yang digunakan. Data ini menjadi dasar untuk menghubungkan keberadaan metabolit sekunder dengan aktivitas ekstrak pada pengujian pestisida.

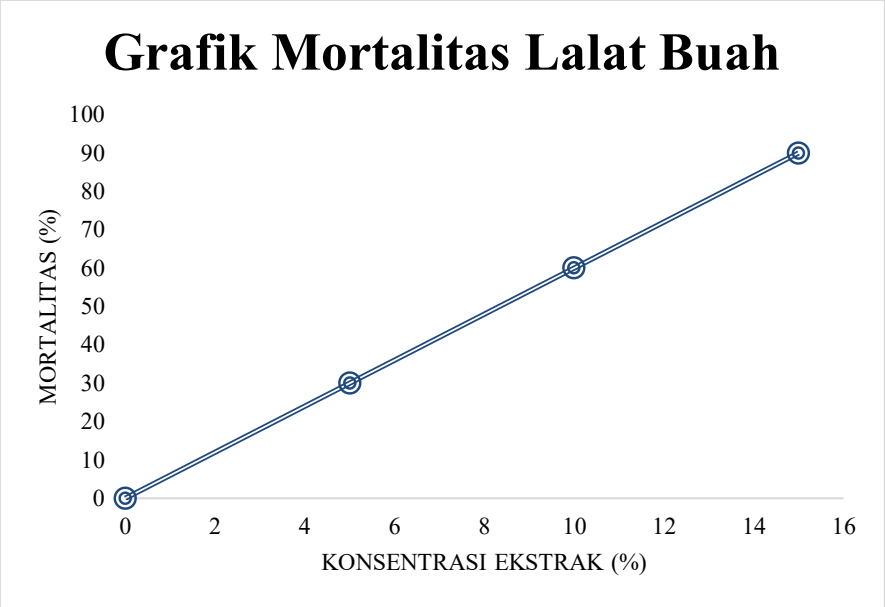
3.2 Aktivitas Pestisida Nabati

Pengujian aktivitas pestisida dilakukan untuk mengetahui respons lalat buah terhadap pemberian ekstrak kulit jeruk nipis pada beberapa konsentrasi. Perlakuan terdiri atas kontrol dan tiga konsentrasi ekstrak, yaitu 5%, 10%, dan 15%. Pengamatan dilakukan selama 24 jam. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan mortalitas lalat buah pada setiap perlakuan.

Tabel 2. Mortalitas Lalat Buah Setelah Perlakuan Ekstrak Kulit Jeruk Nipis

Konsentrasi Ekstrak (%)	Jumlah Lalat Buah Uji	Jumlah Mati	Mortalitas (%)
0 (kontrol)	10	0	0
5	10	3	30
10	10	6	60
15	10	9	90

Berdasarkan Tabel 2, kelompok kontrol tidak menunjukkan mortalitas selama periode pengamatan. Pada konsentrasi ekstrak 5%, terdapat 3 ekor lalat buah yang mati atau sebesar 30%. Jumlah tersebut meningkat menjadi 6 ekor atau 60% pada konsentrasi 10%. Mortalitas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15%, yaitu sebanyak 9 ekor atau 90%. Secara keseluruhan, hasil pengamatan memperlihatkan kecenderungan peningkatan mortalitas lalat buah seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Perbedaan mortalitas antara konsentrasi 5%, 10%, dan 15% masing-masing menunjukkan peningkatan sebesar 30 poin persentase.



Gambar 2. Mortalitas lalat buah pada berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk nipis

Secara keseluruhan, ekstrak kulit jeruk nipis menunjukkan hasil positif pada seluruh parameter skrining fitokimia yang diuji, yaitu flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Pada pengujian aktivitas pestisida, mortalitas lalat buah meningkat dari 0% pada kontrol menjadi 30%, 60%, dan 90% pada konsentrasi ekstrak masing-masing 5%, 10%, dan 15%. Konsentrasi 15% menghasilkan mortalitas paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

4. Pembahasan

4.1 Hasil Skrining Fitokimia

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) memberikan hasil positif terhadap flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Keberadaan kelompok metabolit sekunder tersebut menunjukkan bahwa proses ekstraksi menggunakan etanol 96% mampu menghasilkan ekstrak yang mengandung beberapa komponen bioaktif dari kulit jeruk nipis. Temuan ini mendukung hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan keberadaan flavonoid dan saponin pada ekstrak kulit jeruk nipis (9).

Keempat kelompok senyawa yang terdeteksi memiliki karakteristik biologis yang dapat berkaitan dengan aktivitas terhadap serangga. Flavonoid dan alkaloid diketahui dapat berperan dalam memengaruhi proses fisiologis serangga, sedangkan tanin dapat berinteraksi dengan protein dan berpotensi mengganggu proses pencernaan. Saponin juga diketahui memiliki aktivitas biologis yang dapat memengaruhi membran sel organisme sasaran. Kombinasi beberapa kelompok metabolit tersebut diduga berkontribusi terhadap respons mortalitas yang

diamati pada pengujian aktivitas pestisida. Peran metabolit sekunder sebagai komponen penting dalam aktivitas pestisida nabati juga telah dibahas dalam penelitian mengenai pemanfaatan pestisida berbasis tumbuhan (14,15).

Meskipun demikian, hasil skrining fitokimia pada penelitian ini bersifat kualitatif. Hasil positif menunjukkan keberadaan kelompok senyawa, tetapi belum memberikan informasi mengenai kadar atau konsentrasi masing-masing metabolit. Oleh sebab itu, hubungan langsung antara jumlah setiap senyawa dengan tingkat mortalitas serangga belum dapat ditentukan. Analisis lebih lanjut secara kuantitatif diperlukan untuk mengetahui komponen bioaktif yang paling berkontribusi terhadap aktivitas pestisida.

4.2 Aktivitas Pestisida Nabati

Pengujian aktivitas pestisida memperlihatkan adanya perbedaan mortalitas lalat buah pada setiap konsentrasi ekstrak. Kelompok kontrol tidak menunjukkan kematian selama periode pengamatan, sedangkan perlakuan ekstrak menghasilkan mortalitas sebesar 30%, 60%, dan 90% pada konsentrasi masing-masing 5%, 10%, dan 15%. Pola tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan mortalitas seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak kulit jeruk nipis.

Peningkatan respons mortalitas pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat dikaitkan dengan semakin besar paparan ekstrak terhadap serangga uji. Ekstrak yang mengandung beberapa kelompok metabolit sekunder berpotensi memberikan respons biologis melalui mekanisme yang berbeda. Namun, karena penelitian ini tidak menentukan kadar masing-masing senyawa secara kuantitatif, peningkatan mortalitas tidak dapat dikaitkan dengan satu jenis metabolit tertentu. Dengan demikian, hasil penelitian lebih tepat menunjukkan adanya kecenderungan hubungan antara konsentrasi ekstrak dan mortalitas lalat buah.

Pola tersebut sejalan dengan kajian mengenai pestisida nabati yang menjelaskan bahwa aktivitas bahan nabati dalam mengendalikan organisme sasaran berkaitan dengan keberadaan metabolit sekunder serta konsentrasi bahan yang digunakan (5). Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak merupakan salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam pengembangan pestisida nabati berbasis kulit jeruk nipis.

Konsentrasi 15% menghasilkan mortalitas tertinggi, yaitu 90%. Meskipun demikian, hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menetapkan konsentrasi 15% sebagai konsentrasi optimum. Penelitian ini hanya menggunakan tiga tingkat konsentrasi dan analisis data dilakukan secara deskriptif. Penentuan konsentrasi optimum memerlukan pengujian pada

rentang konsentrasi yang lebih luas serta pengulangan yang memadai dan analisis statistik yang sesuai.

4.3 Pemanfaatan Limbah melalui *Waste Valorization*

Selain menunjukkan aktivitas terhadap lalat buah, pemanfaatan kulit jeruk nipis dalam penelitian ini memberikan nilai tambah terhadap material yang sebelumnya diperlakukan sebagai limbah organik. Kulit jeruk nipis diolah melalui proses ekstraksi untuk menghasilkan bahan yang memiliki fungsi sebagai kandidat pestisida nabati. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep *waste valorization*, yaitu mengubah material sisa menjadi sumber daya yang memiliki nilai guna lebih tinggi.

Pemanfaatan limbah kulit jeruk nipis sebagai bahan pestisida nabati juga memperlihatkan adanya keterkaitan antara pengelolaan limbah dan pengembangan alternatif bahan pengendali hama. Dengan pendekatan tersebut, limbah organik tidak hanya dipandang sebagai material yang harus dibuang, tetapi dapat dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku untuk menghasilkan produk bernilai guna.

Penggunaan bahan nabati sebagai alternatif pestisida juga relevan dengan upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan sintetis dalam pengendalian hama. Namun, penelitian ini belum melakukan pengujian langsung mengenai residu, toksisitas terhadap organisme non-target, biodegradabilitas, maupun dampak aplikasinya terhadap tanah dan perairan. Oleh karena itu, potensi ramah lingkungan dalam penelitian ini perlu dipahami sebagai potensi berdasarkan pemanfaatan bahan organik dan pengurangan limbah, bukan sebagai bukti bahwa ekstrak telah terbukti aman bagi seluruh komponen lingkungan.

4.4 Keterbatasan dan Arah Pengembangan

Hasil penelitian memberikan indikasi awal mengenai potensi ekstrak kulit jeruk nipis sebagai pestisida nabati, tetapi masih terdapat beberapa keterbatasan. Skrining fitokimia yang dilakukan bersifat kualitatif sehingga belum dapat menentukan kadar setiap metabolit sekunder. Selain itu, pengujian aktivitas dilakukan pada tiga konsentrasi dengan pengamatan selama 24 jam sehingga belum dapat menggambarkan hubungan dosis-respons secara lebih luas maupun menentukan konsentrasi optimum.

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan variasi konsentrasi, jumlah pengulangan, dan analisis statistik untuk memperoleh hasil yang lebih kuat secara kuantitatif. Identifikasi atau kuantifikasi senyawa aktif juga diperlukan untuk mengetahui komponen yang paling berperan terhadap aktivitas pestisida. Selanjutnya,

pengujian pada kondisi lapangan dan evaluasi terhadap organisme non-target dapat dilakukan untuk menilai kelayakan aplikasinya secara lebih luas.

5. Kesimpulan

Ekstrak kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) menunjukkan potensi untuk dikembangkan sebagai pestisida nabati berdasarkan hasil skrining fitokimia dan pengujian mortalitas lalat buah. Skrining fitokimia menunjukkan adanya flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin dalam ekstrak. Pengujian aktivitas pestisida menunjukkan kecenderungan peningkatan mortalitas seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak, yaitu 30%, 60%, dan 90% pada konsentrasi masing-masing 5%, 10%, dan 15%, sedangkan kelompok kontrol menunjukkan mortalitas 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan kulit jeruk nipis berpotensi memberikan nilai tambah terhadap limbah organik melalui pendekatan *waste valorization* serta menjadi salah satu alternatif bahan pestisida nabati.

Daftar Pustaka

1. Amalia DW, Dewi R. Pemanfaatan Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia) Untuk Pembuatan Pestisida Nabati. Seminar Nasional Fakultas Teknik (SNFT) 2022 [Internet]. 2022;1003–9. Available from: https://snft2022.ft.unimal.ac.id/TK/016-TK.pdf

2. Ayilara MS, Adeleke BS, Akinola SA, Fayose CA, Adeyemi UT, Gbadegesin LA, et al. Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. Front Microbiol. 2023;14(February):1–16. doi:10.3389/fmicb.2023.1040901

3. Tudi M, Ruan HD, Wang L, Lyu J, Sadler R, Connell D, et al. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(3):1–24. doi:10.3390/ijerph18031112 PubMed PMID: 33513796.

4. Ediagbonya TF, Areo IO, Mupenzi C, Mind'je R, Kamuhanda JK, Kabano S. Reduced pesticide dependency through crop management. Discover Applied Sciences. 2025;7(7). doi:10.1007/s42452-025-07248-y

5. Lengai GMW, Muthomi JW, Mbega ER. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. Sci Afr. 2020;7:e00239. doi:10.1016/j.sciaf.2019.e00239

6. Ngegba PM, Cui G, Khalid MZ, Zhong G. Use of Botanical Pesticides in Agriculture as an Alternative to Synthetic Pesticides. Agriculture (Switzerland). 2022;12(5). doi:10.3390/agriculture12050600

7. Daraban GM, Hlihor RM, Suteu D. Pesticides vs. Biopesticides: From Pest Management to Toxicity and Impacts on the Environment and Human Health. Toxics. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023. doi:10.3390/toxics11120983

8. Chaudhary S, Kumar Yadav S, Verma P, Sagar S, Lal M. Botanical Insecticides for Crop Protection: Major Classes and Possible Mechanisms of Action. In. 2024. doi:10.5772/intechopen.1006743

9. Herawati D, Ekawati ER, Yusmiati SNH. Identification of saponins and flavonoids in lime (Citrus aurantifolia) peel extract. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. 2020;(August):3661–6.

10. Wardani EEK, Sutama DK, Suryanti F, Khariro K. Optimasi waktu maserasi pada ekstraksi flavonoid dari limbah kulit jeruk nipis (Citrus aurantifolia). Jurnal EnviScience. 2026;10(1):43–50.

11. Ahmed S, Alsharif KF, Aschner M, Alzahrani KJ, Akkol EK, Türkcanoğlu EG, et al. A deep dive into herbal extraction: Techniques, trends, and technological advancements. South African Journal of Botany. Elsevier B.V.; 2026. p. 9–37. doi:10.1016/j.sajb.2025.11.005

12. Fauziah SM, Sutama DK, Nisak YK, Jannah F. PROFIL FITOKIMIA DAN POTENSI ANTIOKSIDAN EKSTRAK BUNGA DARI BEBERAPA VARIETAS TANAMAN KRISAN (Chrysanthemum spp.) [Phytochemical Profile and Antioxidant Potential of Flower Extract from Several Chrysanthemum Plants (Chrysanthemum spp.)] [Internet]. doi:10.55981/berita_biologi.2025.13439

13. Pangngan SBS, Andini M S, Nurannisa N, Masriany M, Amrullah SH. Identifikasi dan pola distribusi lalat buah (Bactrocera spp.) di Green House Biologi UIN Alauddin Makassar. Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi. 2025 May 12;5(1):1–8. doi:10.24252/filogeni.v5i1.54718

14. Pereira V, Figueira O, Castilho PC. Flavonoids as Insecticides in Crop Protection—A Review of Current Research and Future Prospects. Plants. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024. doi:10.3390/plants13060776

15. Saleem MA, Anjam H, Tahseen S, Sharif S. The critical functions of plant secondary metabolites in mediating insect host selection and defence strategies: a comprehensive review. Zoo Botanica. 2025 Dec 31;3(3):669–89. doi:10.55627/zoobotanica.003.03.1721