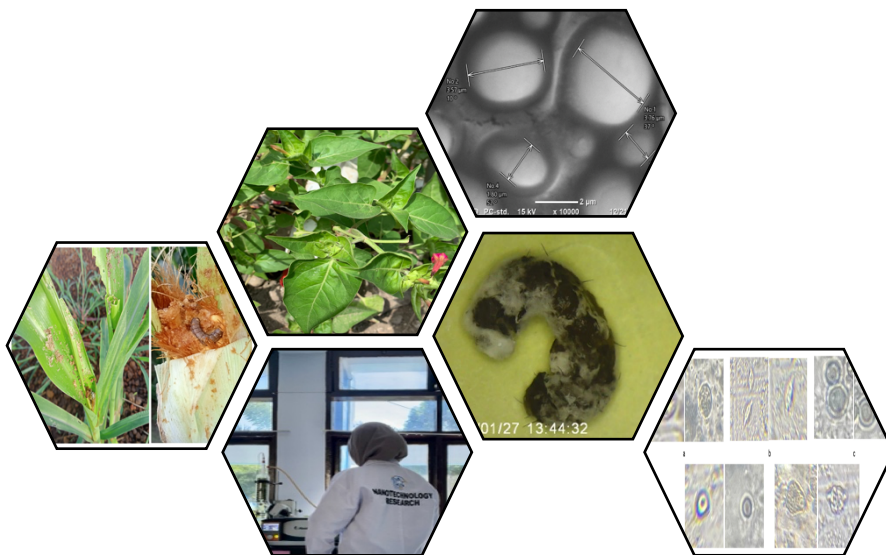


**Formulasi Nanobiopestisida Bunga Pukul Empat dan
Kombinasinya dengan Cendawan Entomopatogen *Beauveria
bassiana* untuk Pengendalian *Spodoptera frugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae)**

**Formulation of Nanobiopesticide from Four O'Clock Flower
and Its Combination with the Entomopathogenic Fungus
Beauveria bassiana for the Control of *Spodoptera frugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae)**



**A. IRMA SURYANI
P013221003**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024**

**Formulasi Nanobiopestisida Bunga Pukul Empat dan
Kombinasinya dengan Cendawan Entomopatogen *Beauveria
bassiana* untuk Pengendalian *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:
Noctuidae)**

**A. IRMA SURYANI
P013221003**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024**

**Formulasi Nanobiopestisida Bunga Pukul Empat dan Kombinasinya
dengan Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk
Pengendalian *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**

Disertasi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**A. IRMA SURYANI
P013221003**

kepada

**PROGRAM STUDI S3 ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Formulasi Nanobiopestisida Bunga Pukul Empat dan Kombinasinya
dengan Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk
Pengendalian *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**


**A. IRMA SURYANI
P013221003**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Doktor
pada Selasa tanggal 26 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada Program Studi Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin Makassar

Mengesahkan:


Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daud, M.S
NIP. 196006061986012001

Co-promotor I,


Dr. Ir. Melina, M.P
NIP. 196106031987022001

Co-promotor II,


Dr. Vien Sartika Dewi, M.Si
NIP. 196512271989102001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl.Ing.Agr
NIP. 196012241986011001

Dekan Sekolah Pascasarjana,


Prof. dr. Budu, Ph.D.Sp.M(K), M.MedED
NIP. 1966612311995031009

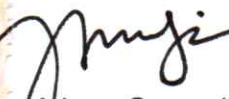
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul "Formulasi Nanobiopestisida Bunga Pukul Empat dan Kombinasinya dengan Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daud, M.S sebagai Promotor dan Dr. Ir. Melina, M.P sebagai co-promotor-1 serta Dr. Vien Sartika Dewi, M.Si sebagai co-promotor-2. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal Asian Journal Of Plant Science Volume: 23 | Issue: 3 | Page No.: 404-411 sebagai artikel dengan judul "Biological Control of *Spodoptera frugiperda* Pests with a Combination of *Mirabilis jalapa* Nanoemulsion and *Beauveria bassiana*" dan di IOP Conf Series: Earth and Environmental Science 1272(2023) 012042 dengan judul artikel "Harnessing The potential of Nanobiopesticides with Plant Extracts: a review". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 28 November 2024




A. Irma Suryani
NIM. P013221003

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T. Berkat rahmat dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa disertasi ini tidak dapat rampung tanpa dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daud, MS. selaku Promotor, Dr. Ir. Melina, M.Si selaku Co-Promotor I, dan Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si selaku Co-Promotor II atas segala bimbingan, arahan, serta waktu yang telah diberikan dalam perencanaan dan penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga kepada para Penguji: Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Baharuddin Patendjengi, Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc., dan Dr. Ir. Ahdin Gassa, M.Sc., serta penguji eksternal dari BRIN, Bapak Dr. Muhammad Yasin, atas saran-saran yang sangat berharga untuk perbaikan penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian beserta seluruh jajarannya atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pendidikan Program Doktor (S3) di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Ucapan terima kasih yang tulus juga Penulis sampaikan kepada BPI (Beasiswa Pendidikan Indonesia) atas bantuan dana penelitian yang diberikan untuk penyelesaian studi selama masa izin belajar.

Tak lupa, Penulis ingin menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta. Terima kasih kepada Orang tua Bapak Alm. Drs. H. Badaruddin, M.Si dan Ibu Almh. A. Syathira yang semasa hidup senantiasa mendoakan, mendukung, dan menjadi sumber inspirasi dalam setiap Langkah. Demikian pula kepada Mertua Bapak Abd. Majid, BA dan Ibu Hj. Hartatiah, BA. Kepada suami Ahmad Fudhail Majid, S.Pd, M.Si, yang dengan penuh kesabaran memberikan semangat, dukungan moril, dan materil, serta kepada anakku A.Alkhalifi Wildan Dharma yang menjadi alasan utama bagi Penulis untuk terus berjuang.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan kerja di Jurusan Biologi UNM Makassar, teman-teman S3 Ilmu Pertanian Angkatan 2022, dan teman-teman laboratorium di E14 Unhas yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta memberikan dukungan dalam berbagai bentuk selama proses ini. Kehadiran dan kerja sama kalian semua telah memberikan makna yang sangat besar bagi perjalanan akademik Penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan disertasi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat Penulis harapkan demi penyempurnaan disertasi ini.

Penulis

A.Irma Suryani

ABSTRAK

A.IRMA SURYANI. **Formulasi nanobiopestisida berbasis ekstrak bunga pukul empat dan kombinasinya dengan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk pengendalian *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)** (dibimbing oleh Itji Diana Daud, Melina, dan Vien Sartika Dewi).

Latar belakang. Penggunaan pestisida sintetik sering berdampak negatif pada lingkungan, sehingga pestisida botani yang lebih ramah mulai dikembangkan. *Spodoptera frugiperda* adalah salah satu hama utama tanaman, namun penggunaan pestisida botani untuk pengendaliannya masih terbatas. Penelitian ini berfokus pada formulasi nanoemulsi *Mirabilis jalapa* untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitasnya, serta mengombinasikannya dengan cendawan *Beauveria bassiana* sebagai solusi pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan mengetahui pengaruh nanoemulsi *M. jalapa* terhadap respon imun dan morfologi *S. frugiperda*, serta menguji kompatibilitas *M. jalapa* dengan *B. bassiana* untuk mengetahui efektivitasnya terhadap mortalitas *S. frugiperda*. **Metode.** Penelitian dibagi menjadi tiga tahap yakni, (1) karakterisasi formulasi nanoemulsi *M. jalapa* menggunakan PSA, UV-Vis, SEM, dan FTIR (2) aplikasi nano emulsi *M. jalapa* terhadap fisiologi dan morfologi *S. frugiperda*, (3) uji kompatibilitas dan toksisitas nanoemulsi *M. jalapa* dan cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap larva *S. frugiperda*. Analisis statistik menggunakan anova one way dan uji lanjut Tukey 0.05. **Hasil.** Nanoemulsi memiliki ukuran partikel kecil (<100 nm) dan stabilitas yang baik. Hasil menunjukkan bahwa formulasi nanoemulsi dengan konsentrasi yang berbeda (F1 dan F2) membentuk partikel berukuran nano dengan stabilitas yang baik. Kedua, aplikasi nanoemulsi *M. jalapa* mempengaruhi sistem imun larva *S. frugiperda*, terutama dengan menurunkan jumlah hemosit dan menyebabkan malformasi pada berbagai tahap perkembangan serangga. Ketiga, kombinasi nanoemulsi *M. jalapa* dengan *B. bassiana* meningkatkan mortalitas larva *S. frugiperda* secara signifikan dan mempercepat waktu kematian (*lethal time*), menunjukkan sinergi yang kuat antara kedua agen biopestisida. **Kesimpulan.** Nanoemulsi *M. jalapa*, baik secara tunggal maupun dalam kombinasi dengan *B. bassiana*, memiliki potensi besar sebagai biopestisida ramah lingkungan untuk pengendalian hama *S. frugiperda* secara efektif.

Kata kunci: *Beauveria bassiana*; biopestisida; kompatibilitas; *Mirabilis jalapa*; nanoemulsi; *Spodoptera frugiperda*

ABSTRACT

A. IRMA SURYANI. **Formulation of nanobiopesticide based on *Mirabilis jalapa* extract and its combination with the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)** (supervised by Itji Diana Daud, Melina, and Vien Sartika Dewi).

Background. The use of synthetic pesticides often has negative environmental impacts, leading to the development of more eco-friendly botanical pesticides. *Spodoptera frugiperda* is one of the major crop pests, but the use of botanical pesticides to control it remains limited. This study focuses on the formulation of *Mirabilis jalapa* nanoemulsion to enhance its stability and effectiveness, and its combination with the fungus *Beauveria bassiana* as an environmentally friendly pest control solution. **Aim.** This study aims to characterize and evaluate the effects of *M. jalapa* nanoemulsion on the immune response and morphology of *S. frugiperda*, and to test the compatibility of *M. jalapa* with *B. bassiana* to determine its effectiveness in increasing *S. frugiperda* mortality. **Methods.** The study is divided into three stages: (1) characterization of the *M. jalapa* nanoemulsion formulation using PSA, UV-Vis, SEM, and FTIR, (2) application of *M. jalapa* nanoemulsion to study the physiology and morphology of *S. frugiperda*, (3) compatibility and toxicity tests of *M. jalapa* nanoemulsion and *B. bassiana* against *S. frugiperda* larvae. Statistical analysis was conducted using one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test at a 0.05 significance level. **Results.** The nanoemulsion had small particle sizes (<100 nm) and good stability. The results showed that nanoemulsion formulations with different concentrations (F1 and F2) produced nanoscale particles with good stability. Secondly, the application of *M. jalapa* nanoemulsion affected the immune system of *S. frugiperda* larvae by reducing hemocyte counts and causing malformations at various stages of insect development. Lastly, the combination of *M. jalapa* nanoemulsion with *B. bassiana* significantly increased *S. frugiperda* larval mortality and shortened lethal time, indicating strong synergy between the two biopesticide agents. **Conclusion.** *M. jalapa* nanoemulsion, both individually and in combination with *B. bassiana*, shows great potential as an environmentally friendly biopesticide for effective control of *S. frugiperda*.

Keywords: *Beauveria bassiana*; Biopesticide; compatibility; *Mirabilis jalapa*; nanoemulsion; *Spodoptera frugiperda*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian berperan penting dalam pembangunan ekonomi serta pendapatan sebagian besar warga Indonesia. Sulawesi Selatan merupakan salah satu wilayah pengembangan agribisnis pangan dan hortikultura diantaranya Kabupaten Gowa, Enrekang, dan beberapa Kabupaten lainnya di Sulsel (Dewi et al., 2022; Taufik, 2012). Salah satu komoditas andalannya ialah jagung. Berdasarkan data BPS, hasil survei ubinan 2023 menunjukkan sekitar 75,92 persen rumah tangga jagung melakukan budidaya jagung di lahan bukan sawah. Adapun data BPS terkait produksi jagung di Provinsi Sulawesi Selatan, mengalami penurunan dari 1.152jt ton tahun 2022 menjadi menjadi 1.004jt ton di tahun 2023.

Penurunan produksi jagung dan luas lahan, dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya perubahan cuaca dan kekeringan yang signifikan. Selain itu, serangan hama juga menjadi faktor yang berperan. Hama seperti *Spodoptera frugiperda* (ulat grayak) telah dilaporkan menyerang tanaman jagung, mengakibatkan penurunan produktivitas di beberapa daerah. Di Sulawesi Selatan, persentase tanaman jagung pada kelompok tani yang terserang OPT tergolong tinggi yaitu 88,3%. Sementara sebagian besar rumah tangga jagung anggota kelompok tani menggunakan cara kimiawi dalam mengendalikan serangan hama/OPT (66.69 persen). Penggunaan pestisida yang tidak efektif dalam mengendalikan hama tersebut juga memperparah situasi, karena resistensi hama terhadap pestisida meningkat di beberapa wilayah (BPS, 2024; Ditjen Pangan, 2023).

Salah satu OPT pada tanaman jagung yaitu ulat grayak (*S. frugiperda*). Larva *S. frugiperda* dapat menyerang lebih dari 80 spesies tanaman, termasuk jagung, padi, sorgum, jewawut, tebu, sayuran, dan kapas karena bersifat polifagus serta mempunyai kisaran inang luas, ngengatnya dapat terbang hingga 100 km dalam satu malam (Nonci, N., et al, 2019). *S. frugiperda*, tergolong hama baru kategori A2, yang awalnya berasal dari Benua Amerika. Pertama kali ditemukan di Indonesia pada bulan Maret 2019, lalu dalam kurun waktu 10 bulan, telah menyebar ke berbagai wilayah Indonesia termasuk di Sulawesi (Sartiami et al., 2020). Serangga ini tidak hanya menyerang fase vegetatif tetapi juga menyerang fase generatif. Larvanya merusak hampir semua bagian tanaman jagung

(akar, daun, bunga jantan, bunga betina serta tongkol) seperti pada Gambar 1.1. (Nonci, N., et al, 2019).

Salah satu cara pengendalian yang umum dilakukan oleh petani untuk mengatasi serangan *Spodoptera sp.* adalah dengan menggunakan insektisida. Penggunaan insektisida yang tidak rasional akan mengakibatkan berbagai dampak negatif pada lingkungan. Di Sulawesi Selatan, sekitar 80,81% mengendalikan OPT dengan cara kimiawi menggunakan pestisida sintetik, hanya sekitar 2,34% menggunakan pengendalian secara hayati/biologi, sisanya dengan cara agronomis dan mekanis (Ditjen Pangan, 2023). Didukung pula data di lapangan secara langsung, khususnya kelompok tani Ma'ngurangi wilayah Gowa, 95% belum mengenal pengendalian hama dengan *B. bassiana* dan 100% belum pernah menggunakannya (Daud, Kuswinanti, Kaimuddin, et al., 2024).



Gambar 1.1. Larva *S. frugiperda* yang menyerang fase vegetatif (kiri) dan fase generatif (kanan) pada tanaman jagung
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Penggunaan pestisida sintetik yang tidak bijak akan menimbulkan beberapa dampak negatif yaitu: (a) residu pestisida dapat merusak lingkungan; (b) akumulasi pestisida pada organisme tingkat tinggi dapat menyebabkan keracunan maupun penyakit karsinogenik; (c) menyebabkan resurgensi dan resistensi hama (Choe et al., 2022) (d) Penggunaan pestisida sintetik dalam jangka panjang menyebabkan tanah

menjadi lebih asam. Pestisida yang larut dalam lapisan tanah akan mengganggu mikroorganisme tanah maupun organisme non target.

Mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah sudah melaksanakan pengendalian hama terpadu (PHT), dengan menerapkan komponen PHT yaitu kultur teknis, mekanik-fisik, biologis dan kimiawi. Salah satu alternatif dalam pengendalian hama yaitu dengan mengembangkan produk biologi yang mengandung bahan kimia spektrum sempit yang spesifik untuk organisme target, dengan memanfaatkan metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan yang dikenal sebagai insektisida alami atau pestisida nabati (Suryani & Anggraeni, 2014).

Disamping kelebihan dari biopestisida yang ramah lingkungan, terdapat pula kelemahannya yaitu biopestisida ini masih kurang diminati, kurang komersil serta kurangnya data kimia dalam konteks biopestisida merujuk pada terbatasnya informasi atau penelitian mengenai komposisi kimiawi, mekanisme kerja, dan efektivitas biopestisida secara mendetail (Lengai et al., 2020). Keefektifannya yang tergolong rendah serta perlu aplikasi berkali-kali, *mode of action*nya lambat. Kelemahan-kelemahan dari pestisida berbasis minyak atsiri adalah berhubungan dengan sifat-sifat dari minyak atsiri sendiri yang volatil dan tidak stabil atau tidak tahan terhadap sinar matahari, kurang praktis, tidak tahan lama disimpan dan kadang-kadang harus disemprot berulang-ulang. Keefektifan pestisida minyak atsiri umumnya lebih rendah dibandingkan dengan pestisida sintetik dan kerjanya lebih lambat (Irfan, 2016; Ridhwan & Isharyanto, 2016). Oleh karena itu, didalam formula pestisida berbahan aktif minyak atsiri selalu ditambahkan senyawa kimia lain yang sifatnya meningkatkan stabilitas bahan aktifnya (Hartati, 2012) sehingga untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan integrasi antara nanobiopestisida maupun agen hayati dalam pengendalian hayati hama. Misalnya, adanya kombinasi antara nanobiopestisida berbasis nanoemulsi dengan cendawan entomopatogen. Salah satu pestisida nabati yang potensial yaitu daun *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae: Caryophyllales). Tanaman ini pada bagian daun, memiliki senyawa tannin, flavonoid, beta sitosterol yang dapat berperan sebagai antifeedant dan jika senyawa tersebut juga dapat berperan sebagai racun perut sehingga berpotensi digunakan sebagai biopestisida (Amalia, D.N, 2017).

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian dengan mengkombinasikan teknologi nano biopestisida berbasis nanoemulsi dengan agensi pengendali hayati lain berupa cendawan entomopatogen, yang akan diaplikasikan berupa cendawan *Beauveria bassiana*. Cendawan *B. bassiana* merupakan cendawan entomopatogen yang dapat menginfeksi hampir seluruh jenis serangga melalui interaksi endofit dengan

tanaman, sehingga cukup prospektif digunakan sebagai alternatif pengganti insektisida kimia (Daud, I. et al., 2024). Adanya aplikasi nano biopestisida yang dikombinasikan dengan agen pengendali hayati lain, maka diharapkan biopestisida yang digunakan jauh lebih efektif sehingga petani akan cenderung menggunakan bahan organik untuk pestisida dibanding pestisida sintetik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Formulasi manakah yang tepat untuk menghasilkan nanoemulsi *M. jalapa* dari hasil karakterisasi?
2. Bagaimanakah efek nanoemulsi ekstrak *M. jalapa* terhadap fisiologi sistem imun (hemosit, koagulasi sel) larva *S. frugiperda*?
3. Bagaimanakah efek nanoemulsi ekstrak *M. jalapa* terhadap morfologi *S. frugiperda*?
4. Bagaimana kompatibilitas nanoemulsi *M. jalapa* dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana*?
5. Bagaimana mortalitas dan *lethal time* larva *S. frugiperda* setelah aplikasi kombinasi *M. jalapa* dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan formulasi yang tepat dalam pembuatan nanoemulsi *M. jalapa* dari hasil uji karakterisasi.
2. Mengkaji dan menganalisis efek dari pengaplikasian nanobiopestisida berbasis nanoemulsi terhadap fisiologi sistem imun seluler larva *S. frugiperda*.
3. Mendeskripsikan efek dari pengaplikasian nanobiopestisida berbasis nanoemulsi terhadap morfologi *S. frugiperda*.
4. Menganalisis kompatibilitas nanoemulsi *M. jalapa* dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana*.
5. Menganalisis persentase mortalitas dan *lethal time* larva *S. frugiperda* Setelah aplikasi kombinasi *M. jalapa* dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana*.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis:

1. Penelitian ini akan menambah wawasan terkait kombinasi antara teknologi nano biopestisida dan cendawan entomopatogen *B. bassiana* sebagai strategi pengendalian hama yang lebih efisien.
2. Memberikan pemahaman baru tentang *mode of action* dari biopestisida berbasis nanoemulsi dan interaksinya dengan agen hayati untuk pengendalian hama secara lebih efektif.
3. Inovasi dalam nanoteknologi untuk pertanian khususnya untuk meningkatkan efektivitas biopestisida berbahan aktif minyak atsiri.

1.4.2. Manfaat Praktis:

1. Penelitian ini berpotensi menghasilkan formulasi biopestisida yang lebih efektif dalam mengendalikan hama *S. frugiperda*, sehingga petani dapat meminimalkan penggunaan insektisida sintetik.
2. Adanya pengendalian hama yang lebih baik dan ramah lingkungan, diharapkan produktivitas jagung dapat meningkat, sehingga memberikan keuntungan ekonomi bagi petani, terutama wilayah yang sering terkena serangan hama.
3. Kombinasi antara nanoemulsi dan agen hayati diharapkan dapat memperpanjang stabilitas dan efektivitas biopestisida dalam jangka waktu yang lebih lama, sehingga aplikasi berulang dapat dikurangi.

1.4.3. Manfaat Kebijakan:

1. Hasil penelitian ini dapat mendukung kebijakan pemerintah dalam mengurangi penggunaan pestisida sintetik yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia, dengan mendorong penggunaan biopestisida yang lebih aman dan efektif.
2. Mengurangi ketergantungan petani terhadap produk pestisida kimia/sintetik impor, dengan menyediakan solusi pengendalian hama yang berbasis teknologi lokal, seperti kombinasi nanoemulsi dan cendawan entomopatogen.
3. Penelitian ini mendukung implementasi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dengan memberikan alternatif pengendalian hayati yang lebih baik, sehingga dapat menjadi rujukan bagi pemerintah dalam membuat regulasi terkait pestisida ramah lingkungan dan mendorong penggunaannya di kalangan petani.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan subjek yang akan diteliti, yaitu efek dari pengaplikasian nanobiopestisida berbasis nanoemulsi *M. jalapa* terhadap respon imun dan morfologi serangga serta kompatibilitasnya jika dikombinasikan dengan cendawan entomopatogen *B. bassiana*. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap kegiatan sebagai berikut:

1. Tahap pertama, preparasi sampel daun *M. jalapa*, persiapan sampel cendawan *B. bassiana*, dan rearing serangga *S. frugiperda*. Rearing dilakukan di Ruang E.14, diberikan pakan jagung acar organik, (*baby corn*) sampel yang digunakan F1 larva instar 3;
2. Tahap kedua, membuat formulasi dari ekstrak *M. jalapa* lalu dilanjutkan uji karakterisasi (Analisis PSA, Spektrofotometer uv vis, FTIR, dan SEM);
3. Tahap ketiga aplikasi nanoemulsi dari ekstrak daun *M. jalapa* ke pakan larva *S. frugiperda* instar 3 selanjutnya melakukan pengamatan perubahan sistem imun dan morfologi *S. frugiperda*;
4. Tahap keempat melakukan uji kompatibilitas nanoemulsi ekstrak daun *M. jalapa* dan cendawan *B. bassiana* lalu dihitung persentase mortalitas dan *lethal time* larva *S. frugiperda* dari kedua kombinasi tersebut.

1.6. Kebaharuan Penelitian (*Novelty*)

Kebaharuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum ada penelitian terkait nanoemulsi dari *M. jalapa* untuk diaplikasikan pada larva *S. frugiperda* dan diamati efeknya terhadap perubahan sistem imun dan morfologi *S. frugiperda*
2. Belum ada penelitian terkait kompatibilitas nanoemulsi *M. jalapa* dan cendawan *B. bassiana*
3. Penelitian ini menggabungkan nano biopestisida berbasis ekstrak *M. jalapa* dengan *B. bassiana*, menawarkan pendekatan baru dalam pengendalian *S. frugiperda*.

Daftar Pustaka

- Amalia, Desy Nita (2017). Efek Ekstrak Daun *Mirabilis Jalapa* Terhadap Karakter Histologi Usus Tengah Larva *Spodoptera* Sp. Dalam Kondisi Laboratorium. *Skripsi*. Universitas Mulawarman.
- BPS. (2024). *Analisis Produktifitas Jagung dan Kedelai di Indonesia 2023*. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/08/30/e2e46d52a9cc9f78422f77ad/analysis-of-maize-and-soybean-yield-in-indonesia--2023--the-result-of-crop-cutting-survey-.html>
- Choe, S. G., Maeng, H. R., & Pak, S. J. (2022). Production of *Bacillus thuringiensis* biopesticide using penicillin fermentation waste matter and application in agriculture. *Journal of Natural Pesticide Research*, 2, 100012.
- Daud, I. D., Kuswinanti, T., Azrai, M., Busthanul, N., Tuwo, M., & Azurah, N. (2024). Potensi Cendawan *Beauveria Bassiana* pada Benih dan Pengaruhnya Terhadap *Spodoptera Frugiperda* pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.): Potential of the Fungi *Beauveria Bassiana* on Seeds and Its Influence on *Spodoptera Frugiperda* in Corn (*Zea Mays* L.) Plantations. *Jurnal Agrisistem*, 20(1), 44–46.
- Daud, I. D., Kuswinanti, T., Kaimuddin, K., Suryani, A. I., & Yusri, M. (2024). Empowering Farmers with *Beauveria bassiana*: A Training Initiative for Sustainable Pest Management and Environmental Protection. *Jurnal Hasil Inovasi Masyarakat*, 2(2).
- Dewi, Y. A., Yulianti, A., Hanifah, V. W., Jamal, E., Sarwani, M., Mardiharini, M., Anugrah, I. S., Darwis, V., Suib, E., & Herteddy, D. (2022). Farmers' knowledge and practice regarding good agricultural practices (GAP) on safe pesticide usage in Indonesia. *Heliyon*, 8 (1), e08708.
- Ditjen Pangan. (2023). *Laporan tahunan Ditjen Pangan*. <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/LAPORAN%20TAHUNAN%202023.pdf>
- Hartati, S. Y. (2012). Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. *Jurnal Perspektif*, 11(1), 45–58.
- Irfan, M. (2016). Uji pestisida nabati terhadap hama dan penyakit tanaman. *Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 39–45.
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239.
- Nonci, N., Kalqutny, S. H., Muis, A., Azrai, M., & Aqil, M. (2019). Pengenalan Fall Armyworm (*Spodoptera Frugiperda* JE Smith) Hama Baru Pada Tanaman Jagung di Indonesia; Balai Penelitian Tanaman Serealia: Maros, Indonesia.
- Ridhwan, M., & Isharyanto, I. (2016). Potensi Kemangi Sebagai Pestisida Nabati. *Serambi Saintia: Jurnal Sains Dan Aplikasi*, 4(1).
- Sartiami, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., & Anwar, R. (2020). First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1), 012021.

- Suryani, A. I., & Anggraeni, T. (2014). The effect of leaf biopesticide *Mirabilis jalapa* and fungi *Metarhizium anisopliae* to immune response and mortality of *Spodoptera exigua* instar IV. *AIP Conference Proceedings*, 1589. <https://doi.org/10.1063/1.4868808>
- Taufik, M. (2012). Strategi pengembangan agribisnis sayuran di Sulawesi Selatan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(2), 43–50.

BAB II

ANALISIS KARAKTERISTIK FORMULASI NANO BIOPESTISIDA *Mirabilis jalapa*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk sintesis dan karakterisasi formulasi nanoemulsi *Mirabilis jalapa* melalui analisis PSA, spektrofotometri UV-VIS, SEM untuk mengamati morfologi nanoemulsi yang terbentuk, dan analisis FTIR. Formulasi terbaik dari hasil karakterisasi yang diperoleh akan diaplikasikan di penelitian selanjutnya pada larva *Spodoptera frugiperda* instar 3 untuk mengetahui fisiologi, morfologi dan toksisitas formulasi yang telah dibuat terhadap larva *S. frugiperda*. Formulasi yang dikarakterisasi terdiri 8 formula yaitu F1 (fase air dalam minyak) 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 b/v dan formulasi F2 (fase minyak dalam air) 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 b/v. Hasil penelitian menunjukkan dari 8 formulasi nanoemulsi *M. jalapa* yang berhasil membentuk nanoemulsi berdasarkan hasil analisis PDI (Indeks polidispersitas) adalah F1 (0,1 dan 0,8) b/v serta F2 (0,1; 0,2; 0,4; 0,8) b/v. Keenam formulasi yang membentuk ukuran nano selanjutnya diuji lanjut menggunakan FTIR, spektrofotometer, dan SEM. Hasil SEM bentuk nano yang terbentuk bulat dan homogen, hasil ftir terdapat beberapa gugus fungsi yang menandakan terbentuknya ikatan yang stabil pada formulasi nanoemulsi serta hasil spektrofotometer selama 5 hari berturut-turut menunjukkan formulasi yang dihasilkan tergolong stabil.

Kata Kunci: *Mirabilis jalapa*; nanoemulsi, nanobiopestisida, karakterisasi

2.1. Pendahuluan

Penggunaan pestisida sintetis yang tidak bijak, menyebabkan beberapa kerusakan lingkungan maupun berpengaruh terhadap kesehatan dalam jangka panjang, seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Salah satu solusinya dengan menggunakan bahan alami berupa biopestisida nabati. Berikut beberapa tanaman yang potensial dalam biopestisida nabati antara lain *Azadirachta indica*, *Nicotiana tabacum*, *Capsicum frutescens*, dan *Curcuma longa*. Analisis fitokimia menunjukkan adanya metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenol, saponin, tanin, dan terpenoid. Bagian organ daun merupakan bagian tumbuhan yang paling banyak digunakan sebagai sumber pestisida (Nath & Puzari, 2022). Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dari beberapa ekstrak tanaman bagian daun maupun biji, beberapa berperan sebagai repellent, antifeedant, yang biasa digunakan dalam pestisida nabati.

Penggunaan pestisida nabati saat ini, belum serta merta diadopsi dikarenakan biopestisida berbasis minyak atsiri memiliki kekurangan yang

berkaitan dengan sifat- sifat dari minyak atsiri sendiri yang volatil dan tidak stabil atau tidak tahan terhadap sinar matahari. Keefektifan pestisida minyak atsiri umumnya lebih rendah dibandingkan dengan pestisida sintetik dan kerjanya lebih lambat (Ridhwan & Isharyanto, 2016). Selain daya kerjanya relatif lambat, pestisida botani juga tidak membunuh hama target secara langsung, tidak tahan terhadap sinar matahari, kurang praktis, tidak tahan lama disimpan dan kadang-kadang harus aplikasi berulang (Irfan, 2016). Oleh karena itu, didalam formula pestisida berbahan aktif minyak atsiri selalu ditambahkan senyawa kimia lain yang sifatnya meningkatkan stabilitas bahan aktifnya (Hartati, 2012).

Formulasi bentuk nanopartikel dari ekstrak tanaman yang ukurannya kecil sehingga tepat pada hama target tanpa merugikan organisme non-target. Nanopartikel juga dapat meningkatkan stabilitas dan ketahanan pestisida terhadap degradasi oleh cuaca atau faktor lingkungan lainnya. Hal ini memungkinkan pestisida untuk tetap efektif dalam jangka waktu yang lebih lama dan memungkinkan penggunaan yang lebih efisien, serta ramah lingkungan. Nanopestisida terdiri atas partikel kecil dari bahan aktif pestisida atau struktur kecil dari bahan aktif yang berfungsi sebagai pestisida (Bergeson, 2010). Nanoemulsi dan nanoenkapsulasi adalah salah satu teknik nanopestisida yang sudah banyak digunakan dan efektif. Nanoemulsi adalah sistem emulsi yang *transparent*, tembus cahaya dan merupakan dispersi minyak air yang distabilkan oleh lapisan film dari surfaktan atau molekul surfaktan, yang memiliki ukuran droplet berkisar 50–500 nm (Shakeel et al., 2008). Ukuran droplet nanoemulsi yang kecil membuat nanoemulsi stabil secara kinetik sehingga mencegah terjadinya sedimentasi dan kriting selama penyimpanan (Solans et al., 2005).

Nanoemulsi dengan sistem emulsi minyak dalam air (*oil in water* atau o/w) merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kelarutan dan stabilitas komponen bioaktif yang terdapat dalam minyak (Yuliasari & Hamdan, 2012). Nanoemulsi harus memiliki komponen yang mampu meningkatkan stabilitas sediaan, komponennya terdiri dari fase minyak, fase air, surfaktan sebagai bahan pengemulsi, dan kosurfaktan. Penggunaan surfaktan saja tidak cukup untuk menurunkan tegangan permukaan antara fase minyak dan air sehingga diperlukan komponen ko-surfaktan. Surfaktan yang paling umum digunakan adalah tween 80 karena surfaktan non ionik ini bersifat non iritatif. Metode dalam pembuatan nanoemulsi yang sering digunakan adalah metode ultrasonifikasi.

Perlu dilakukan beberapa uji untuk mengetahui karakteristik dari suatu nanoemulsi diantaranya; indeks polidispersitas untuk menggambarkan ukuran distribusi ukuran partikel, semakin mendekati nol maka semakin bagus hasilnya; ukuran droplet diukur dengan PSA (*Particle Size Analyzer*)

untuk mengetahui ukuran partikel dari sediaan nanoemulsi setelah itu dapat dianalisis ukuran tetesan nanoemulsi menggunakan mikroskop SEM; zeta potensial untuk mengetahui muatan pada sediaan; efisiensi penyerapan (*Encapsulation Efficiency*) (Aini, N., 2021). Pembuatan nanopestisida dilakukan melalui proses nanoemulsifikasi menggunakan energi rendah dengan mekanisme difusi spontan dan inversi fase nanoemulsi terbentuk melalui proses difusi fase terdispersi (campuran minyak dan emulsifier) ke dalam fase pendispersi (air) yang terjadi secara spontan. Proses difusi ini meninggalkan droplet minyak berskala nano dalam fase air (*oil in water* atau o/w). Emulsi w/o terbentuk ketika sejumlah air ditambahkan ke dalam fase campuran antara minyak dan emulsifier (Noveriza, R. et al., 2017).

Berikut beberapa penelitian berkaitan dengan aplikasi nanoemulsi menunjukkan ekstrak biji nimba jika dibandingkan dengan nanoemulsi minyak nimba (ukuran tetesan 200-500 nm) menunjukkan tingkat mortalitas yang jauh lebih tinggi yaitu 85-100% dan 74-100%, bila diterapkan terhadap dua hama penyimpanan biji-bijian makanan utama, *Sitophilus oryzae* dan *Tribolium castaneum* (Kumar et al., 2022). Formulasi nanoemulsi dari ekstrak *Piper retrofactum* dan *Tagetes erecta*, berpotensi dikembangkan sebagai insektisida nabati dalam mengendalikan hama wereng batang coklat pada tanaman padi (Nuryanti, N. et al., 2018).

Salah satu pestisida nabati yang potensial yaitu daun *Mirabilis jalapa* (Gambar 2.1). tanaman ini pada bagian daun, memiliki senyawa tannin, flavonoid, beta sitosterol yang dapat berperan sebagai antifeedant dan jika senyawa tersebut juga dapat berperan sebagai racun perut sehingga berpotensi digunakan sebagai biopestisida (Amalia, D.N, 2017). Senyawa utama tanaman ini komposisi adalah *mirabijalone* B, *vulgxanthin* I, dan *miraxanthin* I. Senyawa ini diidentifikasi memiliki potensi sebagai senyawa penolak serangga terhadap *S. litura* (Maulina, D. et al, 2018).



Gambar 2.1. Morfologi Akar, Batang, dan Daun *M. jalapa* (Rozina, R., 2016).

Klasifikasi tumbuhan bunga pukul empat (*M. jalapa*) adalah sebagai berikut:

berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliphyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Caryophyllales
Famili	: Nyctaginaceae
Genus	: <i>Mirabilis</i>
Spesies	: <i>M. jalapa</i> (Rozina, R., 2016).

Namun, nanobiopestisida pada tanaman ini, belum pernah diujicobakan ke serangga termasuk ke serangga *S. frugiperda*. Adanya aplikasi biopestisida menggunakan teknologi nano, diharapkan dapat mengatasi berbagai kelemahan biopestisida seperti keefektifan yang rendah dan pengaplikasian berkali-kali sehingga petani akan lebih memilih menggunakan pestisida berbasis bahan alam yang ramah lingkungan.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Mei 2023 - Januari 2024 di Lab. Kimia dan Biologi Universitas Negeri Makassar.

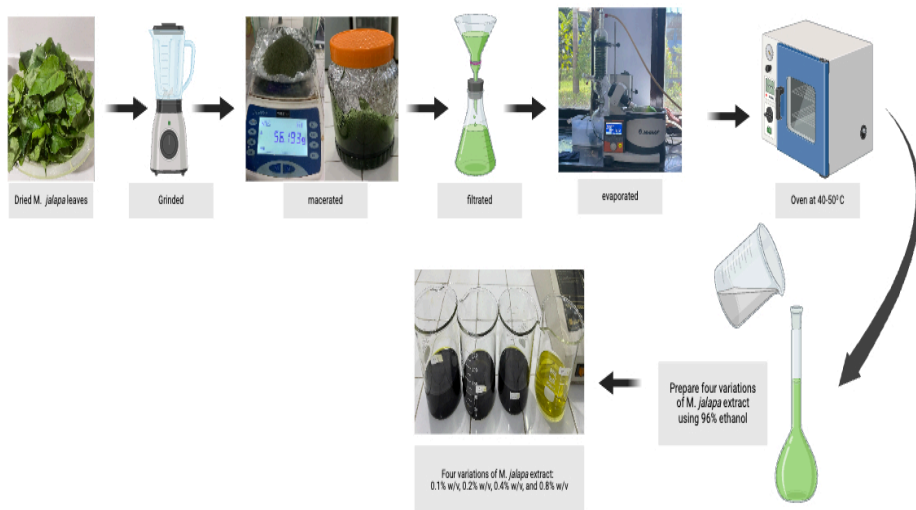
2.2.2. Materi Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rotary evaporator, stirrer, microtube, centrifuges, cuvette, mikropipet, surfaktan tween 80, PEG, etanol 96%, aquades. Penelitian ini menggunakan SK7210HP-Shanghai Kudos Ultrasonic *ultrasonicator*, a Shimadzu Type IR Prestige-21 Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrophotometer, a Microtrac Nanotrak Wave II Particle Size Analyzer (PSA), a Varian Cary 50 Conc UV-VIS Photometer and a JEOL JCM 6000 Scanning Electron Microscopy (SEM).

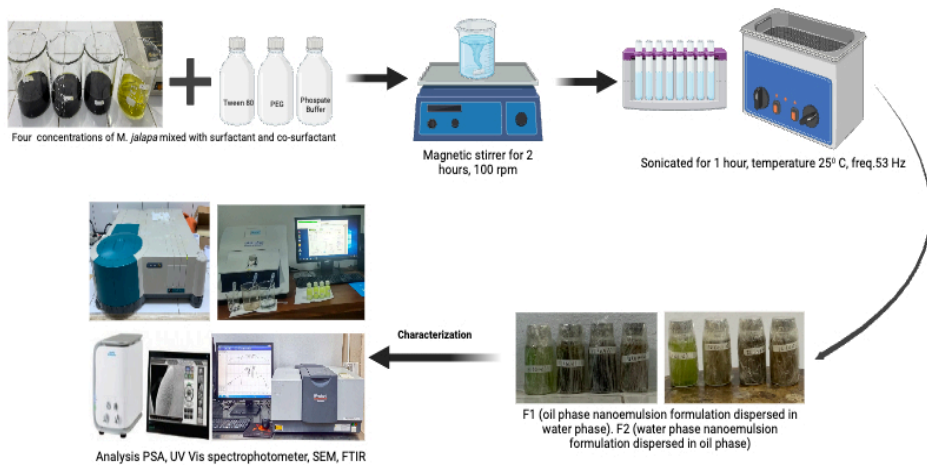
2.2.3. Tahapan Penelitian

2.2.3.1 Preparasi dan Karakterisasi *M. jalapa*

Pembuatan nanopestisida menggunakan teknik nanoemulsi dengan surfaktan tween 80, metode ultrasonifikasi. Daun segar *M. jalapa* dikumpulkan dan dihaluskan menggunakan menggunakan blender. Hasil blender berupa serbuk dengan berat sekitar ± 50 gr diukur dan dicampur dengan etanol, kemudian disaring dan di evaporasi menggunakan rotary evaporator. Ekstrak yang telah dipersiapkan disimpan dalam botol untuk digunakan pada tahap berikutnya (Gambar 2.2 & Lamp.4).



Gambar 2.2 Preparasi Ekstrak *M. jalapa*



Gambar 2.3. Teknik pembuatan nanoemulsi *M. jalapa*

Filtrat yang dihasilkan dievaporasi pada temperatur 50°C dan tekanan 400-450 mmHg sampai menjadi ekstrak kasar. Hasil ekstrak berupa pasta disimpan di pendingin pada temperatur 4°C . Produksi nanoemulsi *M. jalapa* dibagi menjadi dua kelompok formulasi, yaitu F1 (formulasi minyak dalam air, o/w) dan F2 (formulasi air dalam minyak, w/o), setiap variasi *M. jalapa* menghasilkan empat formulasi dengan volume surfaktan dan ko-surfaktan yang dimodifikasi, seperti yang diilustrasikan dalam metode produksi nanoemulsi pada Gambar 2.3 & Lamp. 8. Pembuatan formulasi merujuk pada penelitian (Jusnita & Nasution, 2019; Kasmara, H., et al, 2018). Formulasi yang dihasilkan diberi label sebagai F1-0,1, F1-0,2, F1-0,4, F1-0,8, F2-0,1, F2-0,4, dan F2-0,8.

2.2.3.2. Ukuran Droplet emulsi dan PDI ditentukan menggunakan PSA
Tiga tetes sampel diencerkan dengan 20 mL aquades. Sampel yang sudah disiapkan kemudian dituangkan ke dalam kuvet sekali pakai. Lalu dilakukan pengukuran dengan menggunakan software Zetasizer. Rata-rata ukuran tetesan dapat dibaca pada hasil pengukuran. Distribusi ukuran tetesan dinyatakan sebagai indeks polidispersitas (PDI). Mengacu pada prosedur kerja (Nuryanti, N. et al, 2018). Karakterisasi menggunakan PSA dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang dihasilkan (Sam et al., 2022).

2.2.3.3. Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis
Karakterisasi UV-Vis digunakan untuk mengetahui setabilitas dari nanoemulsi, yang diamati selama periode 1 hingga 5 hari. UV-Vis digunakan untuk

mengetahui karakteristik dari nanopartikel yang terbentuk berdasarkan puncak spektrum yang diperoleh dengan panjang gelombang 650 nm.

2.2.3.4. Morfologi partikel emulsi, diamati dengan menggunakan mikroskop SEM.

SEM digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan perbesaran berkisar 20 kali sampai 500.000 kali, dengan skala menggunakan skala mikrometer.

2.2.3.5. Karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam senyawa kimia yang ada dalam ekstrak *M. jalapa* dan menganalisis interaksi antara komponen seperti minyak, surfaktan, dan air yang digunakan dalam formulasi nanoemulsi.

2.2.3.6. Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Ukuran partikel dan indeks polidispersitas nanoemulsi yang terbentuk dari hasil analisis PSA
2. Stabilitas dari nanoemulsi yang terbentuk selama 5 hari
3. Morfologi dari nanoemulsi yang terbentuk menggunakan SEM
4. Karakteristik gugus fungsi yang terbentuk dari nanoemulsi menggunakan FTIR

2.2.3.7. Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa konsentrasi *M. jalapa* yang divariasikan dengan surfaktan tween 80, dan co surfaktan PEG serta aquaedes. Menggunakan 2 variasi F1 formulasi fase minyak dalam air, *oil in water* (o/w) dan F2 Formulasi fase air dalam minyak, *water in oil* (w/o) dari beberapa konsentrasi 0.1 b/v; 0.2 b/v; 0.4 b/v; 0.8 b/v sehingga keseluruhan ada 8 formulasi yang akan diuji karakterisasi.

2.3. Hasil dan Pembahasan

Ukuran partikel dari sediaan nanoemulsi serta indeks polidispersitas untuk mengetahui kestabilan nanoemulsi, diukur dari hasil analisis PSA. Hasil penelitian dari karakterisasi PSA dapat dilihat pada Tabel 2.1 menyajikan sampel nanoemulsi *M. jalapa* yaitu F1 dan F2. F1 mewakili nanoemulsi fase minyak *M. jalapa* yang terdispersi dalam air (o/w), sedangkan F2 menunjukkan nanoemulsi fase air *M. jalapa* yang terdispersi dalam minyak (w/o). Berdasarkan hasil uji karakterisasi 8 formulasi F1 dan F2 yang dianalisis, hanya 6 formulasi yang berhasil membentuk nanoemulsi. Hasil analisis PSA dan nilai PDI, diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2.1. Ukuran partikel dan *Polidispersity Index* (PDI) formulasi nanoemulsi *M. jalapa*

Sampel <i>M. jalapa</i>	Ukuran Partikel (nm)	Nilai PDI
F1 (0.1%)	15.96	0.1086
F1 (0.8%)	17.41	0.7760
F2 (0.1%)	19.30	0.4980
F2 (0.2%)	17.17	0.2694
F2 (0.4%)	18.79	0.0584
F2 (0.8%)	15.98	0.1545

Formulasi nanoemulsi memiliki ukuran tetesan berkisar antara 2 hingga 500 nanometer, menunjukkan tingkat stabilitas kinetik yang tinggi (Raditya & Warditiani, 2023). Berdasarkan Tabel 1, ukuran formulasi *M. jalapa* juga berada di bawah 100 nm. Ukuran tetesan nanoemulsi yang lebih kecil menghasilkan luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan kelarutan. Nanoemulsi dengan ukuran kurang dari 100 nm lebih mudah larut dibandingkan dengan emulsi dengan ukuran lebih besar dari 6 μ m (Jusnita & Nasution, 2019). Ukuran tetesan nanoemulsi pada penelitian yang dikutip menyatakan bahwa ukuran partikel nanoemulsi pada suhu kamar lebih kecil yaitu 17,8 nm (Jusnita & Diaz, 2019). Lebih lanjut dilaporkan bahwa nanoemulsi *minyak atsiri* memiliki ukuran partikel kurang dari 100 nm (Hassanin et al, 2017). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa nanoemulsi minyak kemangi memiliki ukuran tetesan rata-rata 6,419 nm, dan mengkonfirmasi kisaran nano dari hasil penelitiannya (El-Ekiaby, 2019).

Dalam konteks nanoemulsi, ukuran partikel dan indeks PDI sangat penting karena dapat mempengaruhi kualitas, stabilitas, keseragaman, dan dispersibilitas nanoemulsi. Kisaran nilai PDI yang dapat diterima berkisar dari 0 (partikel monodisperse) hingga 0,5 (distribusi ukuran partikel besar) (Indriasari et al, 2023). Nilai PDI yang rendah menunjukkan bahwa sistem dispersi yang

terbentuk lebih stabil dan mempunyai ukuran droplet yang seragam dalam jangka waktu yang lama (Yuliasari et al, 2023). Beberapa formulasi *M. jalapa* yang diuji mempunyai PDI dibawah 1 untuk formulasi F1 0,1% dan 0,8% dan untuk formulasi F2, berkisar antara konsentrasi 0,1% sampai 0,8% seperti terlihat pada Tabel 2.1. Nilai indeks polidispersi memiliki tiga rentang, yaitu monodispersi (kurang dari 0.3), polidispersi (0.3-0.7), dan superdispersi (lebih dari 0.7). Nilai indeks polidispersi di bawah 0.3 menunjukkan bahwa ukuran partikel mempunyai distribusi yang sempit sedangkan nilai di atas 0.3 menunjukkan distribusi yang lebar (Liana, 2016). Berdasarkan Tabel 2.1, hanya formulasi F1 0.8% yang nilai PDI sedikit ≥ 0.7 namun, secara umum, nanoemulsi dengan indeks polidispersitas (PDI) dibawah 1 dianggap memiliki distribusi ukuran partikel yang homogen.

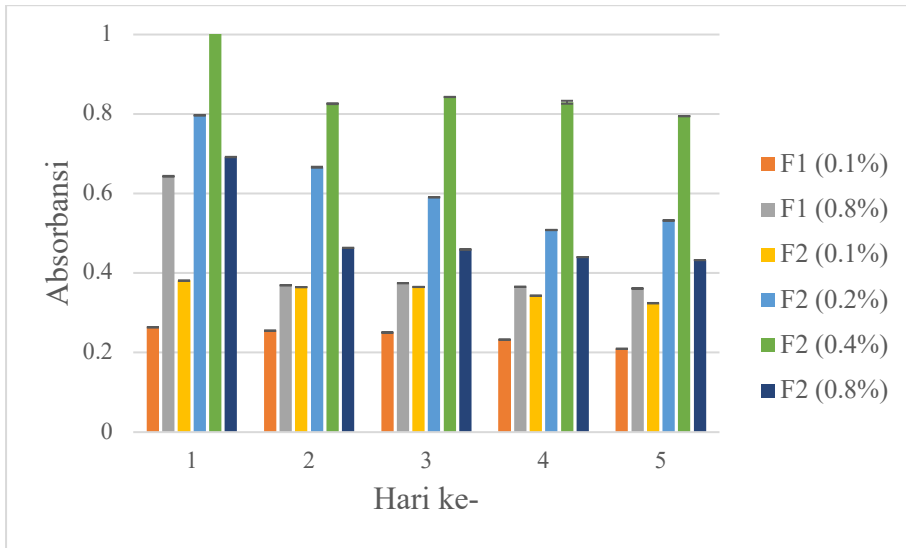
Penelitian telah menunjukkan bahwa nilai PDI yang rendah menunjukkan bahwa sistem dispersi yang terbentuk lebih stabil dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, berdasarkan data pada Tabel 2.1 dapat disimpulkan bahwa sampel F1 dan F2 yang diperoleh tergolong stabil dan homogen karena indeks PDI-nya kurang dari 1 dan ukuran partikel minyak atsiri *M. jalapa* yang terbentuk juga berada dalam kisaran kurang dari 100 nm.

Adapun hasil dari uji spektrofotometer ditunjukkan pada Tabel 2.2 menunjukkan nilai absorbansi beberapa formulasi *M. jalapa* selama 5 hari berturut-turut pada panjang gelombang 650 nm.

Tabel 2.2 Nilai absorbansi hasil spektrofotometer dari nanoemulsi *M. jalapa*

Perlakuan	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
F1 (0.1%)	0.2637 ± 0.0002	0.2552 ± 0.0002	0.2506 ± 0.0003	0.2327 ± 0.0001	0.2097 ± 0.0000
F1 (0.8%)	0.6435 ± 0.001	0.3694 ± 0.0001	0.3747 ± 0.0001	0.3656 ± 0.0002	0.3613 ± 0.00001
F2 (0.1%)	0.381 ± 0.0003	0.3647 ± 0.0003	0.3652 ± 0.0003	0.3432 ± 0.0002	0.3243 ± 0.0006
F2 (0.2%)	0.7968 ± 0.0004	0.6663 ± 0.0012	0.5907 ± 0.0003	0.5084 ± 0.0004	0.5324 ± 0.0005
F2 (0.4%)	1.0906 ± 0.0007	0.8261 ± 0.0011	0.8430 ± 0.0003	0.8297 ± 0.0037	0.7947 ± 0.0003
F2 (0.8%)	0.6919 ± 0.0005	0.4635 ± 0.0001	0.4595 ± 0.0003	0.4402 ± 0.0001	0.4327 ± 0.0001

Adapun grafik dari absorbansi nanoemulsi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



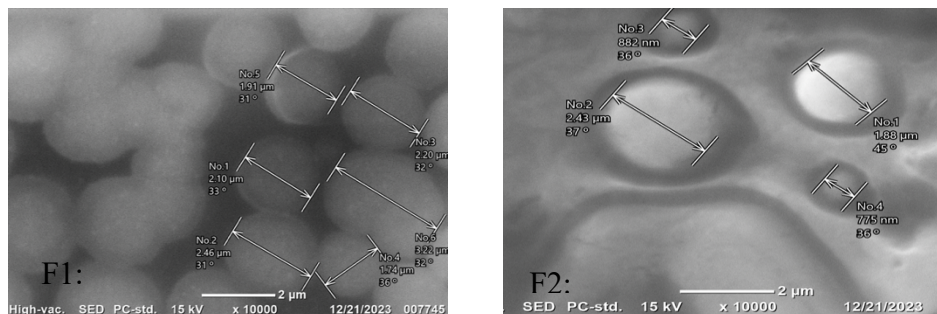
Gambar 2.4. Grafik absorbansi formulasi nanoemulsi *M. jalapa* selama 5 hari

Formulasi *M. jalapa* F1 dengan konsentrasi 0,1% diperoleh nilai absorbansi berkisar antara 0,2637 hingga 0,2097 pada hari kelima. Dalam mengevaluasi stabilitas nanoemulsi, standar deviasi nilai absorbansi dihitung (Suselo et al, 2023). Stabilitas nanoemulsi sangat penting untuk penerapannya di berbagai bidang, termasuk pertanian untuk aplikasi pestisida alami.

Berdasarkan Gambar 2.4 dan Tabel 2.2 terlihat bahwa konsistensi nilai absorbansi dari waktu ke waktu, disertai dengan standar deviasi yang rendah, menunjukkan bahwa nilai absorbansi mendekati rata-rata dan nanoemulsi tetap stabil karena tidak ada perubahan nilai absorbansi yang signifikan. Oleh karena itu berdasarkan nilai standar deviasi formulasi nanoemulsi *M. jalapa* F1 dapat disimpulkan bahwa nanoemulsi tetap stabil pada konsentrasi 0,1% selama lima hari analisis berturut-turut. Sedangkan untuk nilai absorbansi formulasi F1 *M. jalapa* sebesar 0,8% berkisar antara 0,6435 hingga 0,3613. Dalam formulasi ini, penurunan nilai absorbansi menunjukkan bahwa nanoemulsi mungkin menjadi tidak stabil seiring berjalannya waktu namun penurunannya tidak terlalu drastis, fluktuasi kecil ini dapat disebabkan oleh faktor seperti agregasi nanopartikel dan perubahan suhu (Elraies et al., 2023). Hal ini juga diperkuat dari nilai PDI, hanya formulasi F1 0.8% yang nilai PDInya 0.77 (Tabel 2.1) tergolong superdispersi, yang menandakan ada beberapa partikel yang tidak homogen karena beragregasi. Sehingga hal inilah yang menyebabkan terjadi penurunan absorbansi pada F2 0.8%.

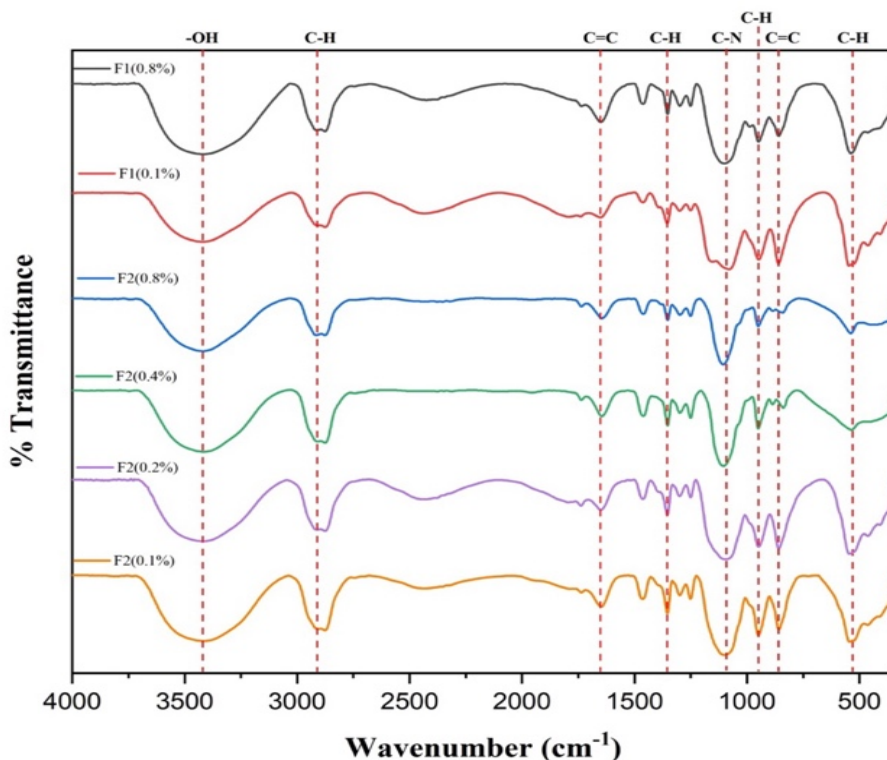
Perlakuan F2 (0,1%) menunjukkan nilai absorbansi yang relatif konstan dengan standar deviasi yang kecil, menunjukkan bahwa nanoemulsi stabil selama periode pengamatan. Hal yang sama diamati dengan nanoemulsi F2 (0,2%). Data pada Tabel 2.2 juga menunjukkan bahwa nanoemulsi F2 (0,2%) cenderung stabil dengan nilai absorbansi yang relatif konstan selama lima hari. Untuk nanoemulsi F2 (0,4%), nilai absorbansi dalam formulasi ini menunjukkan stabilitas, begitu pula untuk sampel nanoemulsi F2 (0,8%).

Nilai absorbansinya yang konsisten menunjukkan bahwa formulasi tetap tidak berubah sepanjang periode pengamatan. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan apakah formulasi ini tetap stabil selama beberapa bulan penyimpanan, untuk memastikan aplikasinya secara langsung di bidang pertanian. Bentuk morfologi dari nanoemulsi yang terbentuk, yaitu berbentuk bulat, seperti yang tampak pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Morfologi nanoemulsi yang terbentuk (kiri: morfologi F1 *M. jalapa* dan kanan: morfologi F2 *M. jalapa*)

Selain uji karakteristik ukuran partikel, PDI, dan absorbansi, penting juga untuk mengamati karakteristik ukuran dan bentuk nanoemulsi yang terbentuk. Ukuran nanopartikel merupakan parameter penting yang mempengaruhi sifat dan aplikasinya. Gambar 2.5, telah dijelaskan di awal, bentuk nanoemulsinya berupa spherical/bulat. Bentuk nanoemulsi bulat menunjukkan struktur yang seragam dan stabil, yang penting untuk fungsinya (Wardani & Sudjarwo, 2018). Selain itu, morfologi reguler yang diamati dalam nanoemulsi menunjukkan proses sintesis yang terkontrol dengan baik, menghasilkan ukuran dan bentuk partikel yang konsisten (Wang et al, 2013). Kehadiran nanopartikel bulat halus dengan morfologi permukaan yang ideal menunjukkan metode sintesis yang dirancang dengan baik (Reddy, et al, 2018). Berdasarkan hasil analisis SEM yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 morfologi nanoemulsi tampak terdiri dari partikel bulat kecil yang seragam, baik pada formulasi F1 maupun F2.



Gambar 2.6. Rentang panjang gelombang dari nanoemulsi *M. jalapa*

Gambar 2.6. menunjukkan spektrum FTIR dari nanoemulsi *M. jalapa*. Spektrum tersebut menampilkan puncak-puncak karakteristik yang sesuai dengan gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam komponen nanoemulsi. Beberapa rentang panjang gelombang yang signifikan diidentifikasi, ditampilkan pada Tabel 2.3.

Berdasarkan hasil karakterisasi spektrum FTIR nanoemulsi seperti terlihat pada Gambar 2.6 dan Tabel 2.3, terlihat telah terbentuk nanoemulsi *M. jalapa* yang ditandai dengan adanya gugus fungsi seperti -OH , C-H regangan dan pembengkokan (alkena), Peregangan C=C, dan peregangan C-N. Gugus fungsi -OH memainkan peran penting dalam ikatan hidrogen yang berperan untuk menstabilkan fase air nanoemulsi.

Tabel 2.3. Data spektrum FTIR nanoemulsi *M. jalapa*

Gugus fungsi	Rentang Panjang gelombang (cm ⁻¹)	Panjang gelombang (cm ⁻¹)
-OH stretching	3200-3600	3400
C-H stretching alkena	2850-3000	2932
C=C stretching	1620-1680	1650
C-H bending alkane	1350-1470	1416
C-N stretching	1100-1200	1126
C-H bending	950-1000	988
C=C bending alkena	890-790	790
C-H	500-600	550

Meskipun regangan (*stretching*) dan pembengkokan (*bending*) C-H (alkena) tidak secara langsung berkontribusi terhadap stabilisasi emulsi, keberadaannya menunjukkan struktur organik yang mampu berinteraksi dengan surfaktan atau pelarut. Peregangan C=C menunjukkan adanya komponen lipofilik yang mampu berinteraksi dengan fase minyak nanoemulsi. Peregangan C-N menunjukkan adanya amina yang bertindak sebagai pengemulsi atau penstabil tambahan melalui interaksi elektrostatik atau ikatan hidrogen (Nurfirzatulloh et al, 2023).

Pita yang kuat dan lebar pada 3400 cm⁻¹ teramati, berhubungan dengan peregangan -OH karena adanya air. Pita pada 2932 cm⁻¹ dan 1416 cm⁻¹ masing-masing berhubungan dengan stretching C-H dan bending C-H untuk alkana. Selain itu, pembengkokan C-H diamati pada 988 cm⁻¹ untuk semua sampel, sesuai dengan 1,2,4-trisubstitusi. Selain itu, pita pada 1650 cm⁻¹ berhubungan dengan regangan gugus fungsi C=C, sedangkan pita karakteristik pada 1126 cm⁻¹ disebabkan oleh regangan C-N. Pita berbeda yang diamati pada 790 cm⁻¹ menunjukkan adanya pembengkokan C=C untuk alkena. Selanjutnya, pita pada 550 cm⁻¹ dikaitkan dengan gugus fungsi C-H di luar bidang, yang menunjukkan adanya fenol, steroid, alkaloid, dan protein. Temuan serupa dilaporkan dalam penelitian sebelumnya tentang mikroemulsi dari ekstrak *Momordica charantia* (de Brito et al, 2023). Penelitian lain ditemukan bahwa ekstrak tanaman *M. charantia* (pare), sangat efektif dalam mengendalikan hama *S. frugiperda* melalui uji hayati laboratorium (Soomro, D. et al, 2024).

2.4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan karakterisasi beberapa formulasi M. *jalapa* fase F1 dan F2, formulasi yang berhasil terbentuk menjadi nanoemulsi berdasarkan nilai PDI < 1 dan ukuran droplet < 100 nm, hasil uji spektrofotometer secara umum menunjukkan nilai absorbansi yang stabil, bentuk morfologi dari hasil SEM bulat yang menandakan partikel lebih stabil didukung pula data dari hasil karakterisasi PSA dan spektromotometer, serta gugus fungsi dari FTIR menandakan terdapat gugus fungsi yang mendukung kestabilan formulasi nano yang terbentuk. formulasi F1 0,1 dan 0,8 serta formulasi F2 0,1, 0,2, 0,4, dan 0,8 yang selanjutnya akan dilakukan uji ke larva *S. frugiperda* skala laboratorium.

Daftar Pustaka

- Aini, N. N. (2021). Karakteristik Sediaan Nanoemulsi Dari Ekstrak Etanol Daun Pada Berbagai Tumbuhan: Tinjauan Literatur.
- Amalia, Desy Nita (2017). Efek Ekstrak Daun *Mirabilis Jalapa* Terhadap Karakter Histologi Usus Tengah Larva *Spodoptera* Sp. Dalam Kondisi Laboratorium. *Skripsi*. Universitas Mulawarman.
- Bergeson, L.L. (2016) Nanosilver : US EPA's Pesticide Office Considers How Best to Proceed. *Environmental Quality Management*. 19, 79–85.
- Dewi, Y. A., Yulianti, A., Hanifah, V. W., Jamal, E., Sarwani, M., Mardiharini, M., Anugrah, I. S., Darwis, V., Suib, E., & Herteddy, D. (2022). Farmers' knowledge and practice regarding good agricultural practices (GAP) on safe pesticide usage in Indonesia. *Heliyon*, 8(1), e08708.
- De Brito, A.M.Q., W. da Silva Camboim, C.G.F.T. Rossi, I.A. de Souza and K.K.O.S. Silva. (2023). The microemulsion with solubilization of the ethanolic extract of the leaves of Melão-de-São-Caetano (*Momordica charantia*) and antibacterial action. *J. Funct. Biomater.*, Vol. 14. 10.3390/jfb14070359.
- EI-Ekiaby. (2019). "Basil oil nanoemulsion formulation and its antimicrobial activity against fish pathogen and enhance disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in cultured Nile tilapia," *Egyptian Journal for Aquaculture*, vol. 9, no. 4, pp. 13–33. [10.21608/eja.2019.18567.1007](https://doi.org/10.21608/eja.2019.18567.1007)
- Elraies, S. S. E., Adaila, K. E., Ahmad, N. A., Omar, A. A., Mhanna, W. E., Shaban, M. A., and Shadi, A. K. (2023). Exploiting Pear

- Leaves In Biosynthesis Of Silver Nanoparticles. *Journal of Applied Science and Technology*. 11(01): 1- 10.
- Hartati, S. Y. (2012). Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. *Jurnal Perspektif*, 11(1), 45–58.
- Hassanin, M. A. Abd-El-Sayed, and M. A. Abdallah. (2017) “Antifungal activity of some essential oil emulsions and nanoemulsions against *Fusarium oxysporum* pathogen affecting cumin and geranium plants,” *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, vol. 4, no. 3, pp. 245–258. [10.21608/SJFOP.2017.11326](https://doi.org/10.21608/SJFOP.2017.11326)
- Indriasari, R. Risman, and I. Raungku. (2023). “Karakteristik Sensori dan Aktivitas Antioksidan Minuman Fungsional yang Diperkaya Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L) dan Daun Kelor (*Moringa oleifera*),” [Sensory Characteristics and Antioxidant Activity of Functional Beverages Enriched with Telang Flowers (*Clitoria ternatea* L) and Moringa Leaves (*Moringa oleifera*)]. *Agroteknika*, vol. 6, no. 1, pp. 103–114. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v6i1.206>
- Irfan, M. (2016). Uji pestisida nabati terhadap hama dan penyakit tanaman. *Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 39–45.
- Jusnita & K. Nasution. (2019). “Formulasi nanoemulsi ekstrak daun kelor (*moringa oleifera* lamk),”. [The formulation of moringa leaf extract nanoemulsion (*Moringa oleifera* Lamk)]. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 8, no. 3, pp. 165–170. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2019.008.03.1>
- Jusnita & M. S. P. Diaz. (2019). “Formulasi nanoemulsi ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) dengan metode inversi suhu,” [The formulation of nanoemulsion from temulawak extract (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) using the temperature inversion method.]. *Jurnal Farmasi Higea*, vol. 11, no. 2, pp. 144–153, <http://dx.doi.org/10.52689/higea.v11i2.229>
- Kasmara, Hikmat & Melanie, Melanie & Nurfajri, Dea & Hermawan, Wawan & Panatarani, Camellia. (2018). The toxicity evaluation of prepared *Lantana camara* nano extract against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *AIP Conference Proceedings*. 1927. 030046. 10.1063/1.5021239.
- Kumar, S., Singh, N., Devi, L. S., Kumar, S., Kamle, M., Kumar, P., & Mukherjee, A. (2022). Neem oil and its nanoemulsion in sustainable food preservation and packaging: Current status and future prospects. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100254.
- Liana, A. W., (2016). *Formulasi, Enkapsulasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Ekstrak Kurkuminoid Berbasis Medium Chain Triglycerides (Mct)*. Bogor: Departemen Biokimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest

- management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239.
- Maulina, D., Sumitro, S. B., Amin, M., & Lestari, S. R. (2018). Identification of bioactive compounds from *Mirabilis jalapa* L.(Caryophyllales: Nyctaginaceae) extract as biopesticides and their activity against the immune response of *Spodoptera litura* F.(Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Biopesticides*, 11(2), 89-97.
- Nath, U., & Puzari, A. (2022). Ethnobotanical study on pesticidal plants used in Southwest Nagaland, India for the development of eco-friendly pest control system. *Acta Ecologica Sinica*, 42(4), 274–288.
- Noveriza, R., Mariana, M., Yuliani, S., & Panen, B. P. (2017). Keefektifan formula nanoemulsi minyak serai wangi terhadap potyvirus penyebab penyakit mosaik pada tanaman nilam.
- Nurfirzatulloh, M. Insani, R. A. Shafira, and E. Abriyani. (2023). "Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin Pada Beberapa Tumbuhan Dengan Instrumen Ftir,"[Literature Review Article: Identification of Tanin Functional Groups in Several Plants Using FTIR Instrumentation]. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 4, pp. 201–209. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7678425>
- Nuryanti, N. S. P., Martono, E., & Ratna, E. S. (2018). Characteristics and Toxicity of Nanoemulsion Formulation of Piper Retrofractum and Tagetes Erecta Extract Mixtures. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 18(1), 1-11.
- Raditya & N. K. Warditiani. (2023). "Potensi Sediaan Ekstrak Bunga Telang (*Citoria ternatea* L.) Sebagai Antioksidan,". ["The Potential of Butterfly Pea Flower Extract (*Clitoria ternatea* L.) Formulation as an Antioxidant"] in *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi*, , pp. 794–804. <https://doi.org/10.24843/WSNF.2022.v02.p63>
- Reddy, S. Jeganath, and U. Munikumar. (2018). "Formulation and evaluation of chitosan nanoparticles for improved efficacy of itraconazole antifungal drug," *Asian J Pharm Clin Res*, vol. 11, no. 4, pp. 147–152. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11s4.31723>
- Ridhwan, M., & Isharyanto, I. (2016). Potensi Kemangi Sebagai Pestisida Nabati. *Serambi Saintia: Jurnal Sains Dan Aplikasi*, 4(1).
- Rozina, R. (2016). Pharmacological and biological activities of *Mirabilis jalapa* L. *Int J Pharmacol Res*, 6(05), 160-168.
- Sam, I. S., Hasri., & Suriati, E. P. (2022). Sintesis Nanopartikel dari Limbah Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*). *Jurnal Sainsmat*. 9 (1).

- Shakeel, F., Baboota, S., Ahuja, A., Ali, J., Faisal, M.S. & Shafiq, S. (2008) Stability Evaluation of Celecoxib Nanoemulsion Containing Tween 80. *Thai J. Pharm. Sci.* 32, 4–9.
- Solans, C., Izquierdo, P., Nolla, J., Azemar, N. & García-celma, M.J. (2005) Nano-emulsion. *Current Opinion in Colloid and Interface Science.* 10, 102– 110.
- Soomro, D. M., Ahmed, A. M., Khoso, F. N., Kubar, M. I., Ali, A., & Abbasi, F. (2024). Efficacy of Psidium guajava (L.) Leaves Extract Against Spodoptera frugiperda JE Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *The Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka* Vol. 19, No 3, September 2024. Pp 497-506
<http://doi.org/10.4038/jas.v19i3.10192>
- Suselo, D. Indarto, B. Wasita, and H. Hartono. (2023). "Alkaloid fraction of *Mirabilis jalapa* Linn. flowers has low cytotoxicity and increases iron absorption through Erythropoietin-Matriptase-2-Hepcidin pathway in iron deficiency Hepatocarcinoma cell model," *Saudi J Biol Sci*, vol. 30, no. 1, p. 103508.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103508>
- Wang, R. Chen, X. Zhao, Y. Zhang, J. Zhao, and F. Li. (2013). "Synthesis and characteristics of superparamagnetic Co_{0.6}Zn_{0.4}Fe₂O₄ nanoparticles by a modified hydrothermal method," *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 96, no. 7, pp. 2245–2251. <https://doi.org/10.1111/jace.12317>
- Wardani and S. A. Sudjarwo. (2018). "In vitro antibacterial activity of chitosan nanoparticles against *Mycobacterium tuberculosis*," *Pharmacognosy journal*, vol. 10, no. 1. [10.5530/pj.2018.1.27](https://doi.org/10.5530/pj.2018.1.27)
- Yuliasari, S. & Hamdan (2012) *Karakterisasi Nanoemulsi Minyak Sawit Merah yang Disiapkan dengan High Pressure Homogenizer*. Dalam: Karmiadi, D.W. & et al. (eds.) *Prosiding Insinas. Bandung, Asdep Relevansi Program Riptek, Deputi Bidang Relevansi dan Produktivitas Iptek, Kementerian Riset dan Teknologi*. pp.25–28.
- Yuliasari, L. P. Ayuningtyas, and E. Erminawati, (2023). "Identifikasi senyawa bioaktif dan evaluasi kapasitas antioksidan seduhan simplisia bunga telang (*Clitoria ternatea* L.)," [The identification of bioactive compounds and evaluation of the antioxidant capacity of *Clitoria ternatea* L. flower decoction simplisia.]. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, vol. 18, no. 1, pp. 1–9.
<http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v18i1.6104>.