

## EFIKASI DAN EFEKTIVITAS FORMULASI DAUN MELADA (*Piper colubrinum* Link) SEBAGAI ATRAKTAN HAMA LALAT BUAH (STUDI KASUS PERTANAMAN CABAI)

(*Efficacy and Effectiveness of Melada Leaf (Piper Colubrinum Link) Formulation as a Fruit Fly Attractant (Case Study of Chili Pepper Cultivation)*)

FEBRINA FEBY<sup>1\*</sup>, SEPIANTO<sup>1</sup>, BAYU JULIANTO<sup>1</sup>, HIDAYAT<sup>2</sup>, PUTRI JANUARTI<sup>3</sup>, CICO JHON KARUNIA SIMAMORA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

\*E-mail: febrinafeby17@gmail.com

### ABSTRACT

*Fruit flies (Bactrocera spp.) represent a group of Plant Pests that can inflict both qualitative and quantitative losses. The utilization of chemical pesticides and the scarcity of Methyl Eugenol continue to pose significant challenges in agriculture. The abundant availability of Melada plants presents an opportunity for the development of an economically viable and environmentally friendly biological attractant. Encapsulation technology based on Maltodextrin and Gum Arabic (MD-GA) formulated with powdered simplicia of Melada leaves F1 (02:10), F2 (05:10), F3 (10:10), and F4 (12:10) is employed to enhance the slow-release resistance of volatile compounds. The surface oil content of the four formulations ranges from 0.3% to 9.6%. The encapsulation efficiency value for the four formulations ranges from 70% to 85%. The loading capacity value ranges from 0.7% to 1.3%. The yield value of microcapsule characteristics ranges from 63% to 82%. Morphological analysis reveals a decrease in the number of particles along with the combination of treatment formulations. The size of the microcapsules for the four formulations falls within the range of 201.2  $\mu\text{m}$ –252.6  $\mu\text{m}$ . The effectiveness of the resulting attractant can lure 19-185 fruit flies. The diversity of the fruit fly pest population obtained includes the *Bactrocera umbrosa* and *Bactrocera melastomatos* species. The total value of the best formulation for the four treatments ranging from 0.3% to 0.5%. The optimization of the best biological attractant application with high development potential lies in the encapsulation formulations F3 and F4.*

*Keywords: Agriculture, Drosophila, Encapsulation, Pesticide, Slow Release*

### PENDAHULUAN

Lalat buah (*Bactrocera* spp.) merupakan kelompok Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang dapat menyebabkan kerugian secara kualitatif maupun kuantitatif. Upaya pengendalian lalat buah telah banyak dilakukan, namun belum mendapat hasil maksimal. Populasi dan intensitas serangan lalat buah terus meningkat sehingga menuntut adanya teknik pengendalian yang efektif dan efisien, serta ramah lingkungan. Salah satu pengendalian yang dilakukan menggunakan pestisida sintesis ternyata berdampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Hal ini didukung Astuti (2016) dimana pestisida sintesis digunakan oleh hampir 80% petani sayuran untuk mengendalikan serangan OPT. Penggunaan pestisida terutama pestisida sintesis dapat menimbulkan dampak negatif, seperti timbulnya biotipe baru yang resisten terhadap pestisida, serta meninggalkan residu yang berbahaya bagi manusia. Rata-rata penggunaan pestisida sintesis pada usaha tani sayuran dapat mencapai 20% dari biaya produksi (Direktorat Perlindungan Hortikultura 2021). Salah satu alternatif yang dapat mengurangi dampak berbahaya dari pestisida sintesis adalah menggunakan pestisida alami.

Pestisida alami merupakan agen pengendali yang menggunakan bahan aktif berasal dari tanaman (nabati) maupun sumber agen lain seperti hewan dan mikroorganisme. Salah satunya adalah atraktan yang dapat mengendalikan lalat pada buah. Atraktan memiliki kemampuan yang dapat menarik lalat buah jantan karena memiliki aroma seperti lalat buah betina (Juniawan 2021). Aroma lalat buah betina ini berasal dari senyawa kimia *Metil Eugenol*. Namun ketersediaan bahan ini rendah, mayoritas petani masih mengalami kesulitan dalam mendapatkan atraktan *Metil Eugenol*. Hal ini menyebabkan petani

melakukan pengendalian lalat buah dengan metode alternatif salah satunya menggunakan ekstrak tanaman selasih sebagai atraktan karena mengandung senyawa mirip *Metil Eugenol*. Akan tetapi pengendalian alternatif ini juga menemui tantangan pada praktiknya, yaitu ketersediaan selasih yang rendah. Hal inilah yang mendasari perlu dicari sumber alternatif *Metil Eugenol* alami lain yang melimpah ketersediaannya, salah satunya adalah tanaman Melada.

Melada (*Piper colubrinum* Link) merupakan tanaman lada hutan yang biasanya digunakan sebagai batang bawah *grafting* untuk mencegah serangan busuk pangkal batang pada batang lada unggul. Tanaman ini menyukai naungan, hidup di habitat lahan rawa, memiliki banyak akar udara yang memanjang dan masuk ke dalam tanah, serta tahan genangan air selama tunas masih berada di atas air (Raja *et al.* 2018). Di antara famili *Piperaceae*, Melada memiliki kandungan fenolik yang paling tinggi antara lain terdiri dari asam salicylic, 2-protocatechuic, gentisic, 4-coumaric, caffeic, dan ferulic (Sruthi & Zachariah 2016). Tanaman Melada diduga memiliki senyawa potensial yang mirip *Metil Eugenol* untuk pengendalian hama lalat buah ramah lingkungan. Inovasi ini lahir berdasarkan pengalaman di lapangan ditemukan daun tanaman Melada kerap dihindangi oleh lalat buah dalam jumlah yang banyak. Potensi senyawa dan ketersediaannya yang melimpah di Asia Tenggara, akan berdampak positif sebagai metode alternatif efektif pengendalian lalat buah.

Kendala aplikasi sederhana dengan menggunakan daun tanaman Melada adalah cepat hilangnya senyawa *volatile* akibat penguapan yang tinggi. Hal ini menyebabkan efektivitas atraktan lalat buah rendah, sehingga perlu diganti secara berkala 3 hari sampai dengan 4 hari sekali menggunakan daun baru. Kekurangan ini menyebabkan tanaman Melada belum efektif untuk diterapkan sebagai atraktan dan perlu teknologi enkapsulasi untuk mengurangi hilangnya senyawa yang ada pada daun melada. Enkapsulasi merupakan suatu metode yang dapat mempertahankan sifat fisik, kimia, dan biologis dengan suatu bahan penyalut atau media enkapsulasi (Gusti *et al.* 2024). Teknologi enkapsulasi yang digunakan dalam penelitian ini berbasis *Maltodextrin* dan *Gum Arabic* yang diformulasikan dengan simplisia bubuk daun Melada dalam beberapa formulasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan teknologi enkapsulasi berbasis *Maltodextrin* dan *Gum Arabic* dalam meningkatkan ketahanan *slow release* senyawa *volatile* pada tanaman Melada, mengetahui efektivitas pengujian formulasinya di lapangan, dan menemukan optimasi terbaik dalam aplikasi atraktan biologis tanaman melada sebagai upaya pengendalian OPT. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan inovasi baru menggabungkan teknologi yang mudah diterapkan di lapangan bagi petani di Indonesia, mendukung pertanian berkelanjutan guna terwujudnya SDGs nomor 2 serta data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai wawasan baru terkait potensi tanaman Melada terenkapsulasi solusi pengganti atraktan sintetis.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, daun Melada, Etanol 70%, *Maltodextrin* (MD), *Gum Arabic* (GA), kertas saring Whatman nomor 42, *n*-Heksana teknis dan Petrogenol.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari ayakan 60 mesh (KZM-test sieve mesh), neraca analitik OHAUS, botol air mineral ukuran 600 mL, botol vial ukuran 5 mL dan 100 mL, batang pengaduk, *blender* Philips Hr-2061, cawan krus, cawan petri PYREX, corong kaca PYREX, desikator Duran, erlenmeyer IWAKI 250 mL, gelas ukur IWAKI, gelas beaker IWAKI, klem, kondensor, labu lemak IWAKI, mantel pemanas, oven DHG 9030A, pipa F, pipet ukur, pompa air, *rotary vacuum evaporator* EYELA, selongsong, sifon, *shaker* orbital AMTM 10, spatula, statif, *baking paper*, *tea bag*, *yellow kop*, SEM TM-3000, PSA., nampan, tali, dan kayu ukuran 1,5 meter.

### Pengambilan dan Penyortiran Sampel Daun Melada

Pengambilan sampel daun Melada dilakukan di Desa Rasau Jaya 3, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Sampel daun Melada yang telah diambil kemudian dipisahkan untuk mendapatkan daun Melada yang berkualitas baik, tidak membusuk, dan tidak memiliki lubang bekas gigitan hama serta memisahkan daun yang terkontaminasi (Wahyurini & Utomo 2020).

### Preparasi Daun Melada

Daun Melada yang telah disortir kemudian dicuci bersih dan dipotong-potong menjadi bagian yang lebih kecil. Potongan daun Melada lalu dikeringkan pada suhu ruang selama kurang lebih 3 hari-4 hari. Daun Melada yang sudah kering kemudian haluskan menggunakan *blender*. Simplisia bubuk daun

Melada yang telah halus kemudian diayak menggunakan ayakan 60 mesh setelah itu, disimpan dalam wadah tertutup pada suhu ruang.

### Pembuatan Media Enkapsulasi

Media enkapsulasi dibuat dengan 5 gram *Maltodextrin* dan 5 gram *Gum Arabic* yang dilarutkan dengan 20 mL aquades serta diaduk menggunakan *magnetic stirrer*.

### Enkapsulasi Daun Melada

Enkapsulasi daun Melada dilakukan dengan mencampurkan simplisia bubuk daun Melada dengan media enkapsulasi (MD-GA) menggunakan *magnetic stirrer*. Perbandingan antara bahan enkapsulasi (MD-GA) dan simplisia bubuk daun Melada diatur dalam empat formulasi yaitu F1, F2, F3, dan F4. Keempat variasi sampel kemudian dikeringkan menggunakan oven selama kurang lebih 48 jam pada suhu 60°C-70°C. Sampel kering kemudian dihaluskan menggunakan *blender*.

Tabel 1. Perbandingan Bubuk Simplisia bubuk daun Melada dan Bahan Enkapsulasi pada Mikroenkapsulasi

Keterangan	Rasio bubuk simplisia daun melada:MD-GA
F1	02:10
F2	05:10
F3	10:10
F4	12:10

### Kandungan Minyak Permukaan

Kandungan minyak dilakukan dengan menggunakan metode yang dijelaskan oleh Sahlan *et al.* (2019) dengan modifikasi. Mengekstrak 1 gram sampel dari tiap formulasi yaitu F1 (02:10), F2 (05:10), F3 (10:10), dan F4 (12:10) dengan larutan n-Heksan teknis menggunakan metode maserasi selama 15 menit lalu diaduk dengan *shaker* selama 2 menit. Ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman dan dikeringkan pada suhu 60°C-80°C selama 24 jam. Nilai kandungan minyak permukaan dihitung sebagai massa sediaan padat pada awal pengujian dikurangi massa sisa kering padatan sampel. Kemudian nilai kandungan minyak permukaan dibagi dengan jumlah minyak pada awal percobaan. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada hari pertama, kelima, dan kesepuluh.

### Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi dilakukan dengan menggunakan metode yang dijelaskan oleh Sahlan *et al.* (2019) dengan modifikasi. Kandungan bubuk total diasumsikan merupakan jumlah bubuk simplisia bubuk daun Melada sebelum enkapsulasi pada tiap sampel pada hari pertama, kelima dan kesepuluh. Efisiensi enkapsulasi dihitung berdasarkan persamaan ini:

$$EE (\%) = \frac{\text{Kandungan minyak total} - \text{Kadar minyak permukaan}}{\text{Kandungan minyak total}} \times 100\%$$

### Karakteristik Mikrokapsul Yield

Karakteristik mikrokapsul dilakukan dengan menggunakan metode yang dijelaskan oleh Burhan *et al.* (2019) dengan modifikasi. *Yield* adalah perbandingan antara jumlah mikrokapsul yang didapatkan setelah proses pengeringan dengan jumlah bahan pembentuk mikrokapsul meliputi media enkapsulasi (MD-GA), simplisia bubuk Melada, dan pelarut yang dihitung berdasarkan bobot kering (g). Karakteristik Mikrokapsul dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Yield (\%) = \frac{\text{Bobot mikrokapsul}}{\text{Bahan pembentuk mikrokapsul}} \times 100\%$$

$$\text{Loading Capacity (\%)} = \frac{W_{eol}}{W_{mp}} \times 100\%$$

Dimana *Weo* adalah berat minyak atsiri yang terenkapsulasi (g) dan *Wmp* adalah berat sampel mikrokapsul yang didapatkan setelah proses pengeringan.

### Analisis Morfologi

Analisis morfologi dilakukan dengan mikroskop elektron *scanning* (SEM) perbesaran 30.000 kali. Sampel yang diperiksa melalui SEM adalah empat formulasi F1 (02:10), F2 (05:10), F3 (10:10), dan F4

(12:10) enkapsulasi simplisia bubuk daun Melada. Analisis morfologi dilakukan untuk melihat permukaan enkapsulasi pada enkapsulasi simplisia bubuk daun Melada.

### Ukuran Mikrokapsul

Ukuran mikrokapsul dari formulasi F1 (02:10), F2 (05:10), F3 (10:10), dan F4 (12:10) diukur menggunakan alat *Particle Size Analyzer (PSA) by Malvern Mastersizer (Malvern Instruments)*. Analisis dilakukan dengan pengukuran sel tunggal dengan sampel media cair dan metode *Dynamic Light Scattering (DLS)*. Suhu dan durasi pengukuran adalah 25 °C dan 70 detik.

### Efektivitas Atraktan

Efektivitas atraktan dilakukan dengan pengujian di lapangan pada tanaman cabai rawit varietas Dewata di Desa Sungai Selamat, Kecamatan Pontianak Utara, Kota Pontianak. Perangkat alat buah dipasang dengan jarak 20 meter. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Total formulasi enkapsulasi F1 (02:10), F2 (05:10), F3 (10:10), dan F4 (12:10) adalah 12 perangkap dan kontrol (F0) berasal dari atraktan Petrogenol diulang sebanyak 3 kali. Jumlah dan jenis alat buah yang tertangkap pada trap dihitung sesuai formulasi perlakuan. Durasi waktu pemasangan perangkap diamati setiap satu hari, lima hari dan sepuluh hari.

### Identifikasi Hama Lalat Buah

Identifikasi hama lalat buah dilakukan menggunakan kunci determinasi lalu diklasifikasikan berdasarkan spesies dan jenis kelaminnya. Berdasarkan referensi "*Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior*" oleh Martin Aluja dan Allen Norrbom serta "*A Manual of Fruit Flies*" yang disusun oleh Meredith C. Romig, Gary J. Steck, dan Wayne N. Mathis.

### Penentuan Formulasi Terbaik

Perlakuan terbaik dianalisis menggunakan metode indeks efektivitas (De Garmo *et al.*, 1984). Metode ini dilakukan dengan pemberian bobot pada masing-masing parameter berdasarkan kepentingan dengan rentang 0-1. Formulasi terbaik didapatkan berdasarkan nilai produk tertinggi.

### Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dimana parameter pengujian yaitu pengaruh dosis bubuk ekstrak tanaman melada dan lama waktu efektivitas bubuk ekstrak tanaman melada. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program SPSS 22.0 dengan menguji *Two Way ANOVA (Analysis of Variance)* apabila terdapat perbedaan dilakukan uji lanjut BNJ taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Minyak Permukaan

Minyak permukaan menunjukkan kandungan minyak yang berpindah pada permukaan enkapsulasi. Nilai kandungan minyak permukaan (Tabel 2) dapat menentukan efisiensi enkapsulasi.

Tabel 2. Hasil Analisis Kandungan Minyak Permukaan

Formulasi Enkapsulasi	Kandungan Minyak Permukaan (%)		
	Hari ke-1	Hari ke-5	Hari ke-10
F1 (02:10)	7.262 <sup>c</sup>	8.620 <sup>b</sup>	9.622 <sup>a</sup>
F2 (05:10)	2.765 <sup>f</sup>	3.404 <sup>e</sup>	5.620 <sup>d</sup>
F3 (10:10)	0.705 <sup>gh</sup>	1.241 <sup>g</sup>	2.443 <sup>f</sup>
F4 (12:10)	0.933 <sup>gh</sup>	0.373 <sup>h</sup>	0.987 <sup>g</sup>

BNJ 5% = 0,607

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata pada BNJ 5%.

Hasil analisis ragam menunjukkan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 5% ( $\alpha = 0.050$ ), sehingga perbandingan formulasi enkapsulasi dengan durasi daya pikat pada hari pertama hingga hari kesepuluh memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kandungan minyak permukaan yang dihasilkan. Hasil perhitungan kandungan minyak menunjukkan formulasi enkapsulasi F1 (02:10) memiliki nilai kandungan minyak permukaan tertinggi dibandingkan dengan formulasi enkapsulasi lainnya. Enkapsulasi simplisia bubuk daun Melada yang mempunyai kandungan minyak permukaan tinggi lebih sensitif terhadap oksidasi karena kapsul tidak menutupi bubuk seluruhnya. Hal ini menunjukkan bahwa

enkapsulasi simplisia bubuk daun Melada telah rusak atau terkikis sehingga menyebabkan minyak dalam kapsul berpindah ke permukaan (Rao *et al.* 2016).

Nilai kandungan minyak formulasi enkapsulasi F1 dimana persentase selisih durasi daya pikat dari hari pertama ke hari kesepuluh yang dihasilkan sebesar 32.5%. Semakin tinggi persentase minyak di permukaan, produk akan rentan mengalami kerusakan dan dapat menurunkan kualitas bahan aktif selama distribusi maupun penyimpanan (Pulungan *et al.* 2018). Hal ini disebabkan karena MD-GA pada formulasi enkapsulasi F1 hanya melapisi sedikit bubuk, sehingga bubuk Melada yang terdapat pada enkapsulasi F1 lebih cepat memudar seiring dengan berpindahnya minyak ke permukaan enkapsulasi. Artinya formulasi enkapsulasi mengandung sedikit simplisia bubuk daun Melada. Oleh karena itu, minyak pada formulasi F1 lebih cepat memudar dibandingkan formulasi F2, F3 dan F4 seiring pertambahan hari. Kenaikan nilai kandungan minyak yang tinggi dapat mempengaruhi kandungan minyak pada simplisia bubuk daun Melada mudah untuk hilang terpapar oksigen dan uap air sehingga dapat menurunkan media enkapsulasi (Yuwon & Waziroh 2017). Turunnya stabilitas bahan enkapsulasi dapat meningkatkan reaksi oksidasi sehingga lapisan enkapsulasi dapat mengalami kerusakan (Jayanudin *et al.* 2017).

Formulasi enkapsulasi F4 memiliki persentase kandungan minyak permukaan terkecil. Persentase selisih durasi daya pikat formulasi F4 dari hari pertama ke hari kesepuluh adalah sebesar 5.79%. Hal ini berarti tidak banyak yang hilang dari minyak yang dienkapsulasi dalam formulasi F4. Karena MD-GA pada formulasi enkapsulasi F4 melapisi simplisia bubuk daun Melada lebih baik dibandingkan ketiga sampel lainnya. Namun, nilai kandungan minyak permukaan pada formulasi enkapsulasi F3 pada hari pertama tidak berbeda nyata dengan F4 pada hari pertama serta daya pikat yang dihasilkan F3 pada hari kelima tidak berbeda nyata dengan perlakuan formulasi F4. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi enkapsulasi F3 sama baiknya dengan formulasi enkapsulasi F4 dalam melapisi simplisia bubuk daun Melada. Nilai kandungan minyak permukaan yang tinggi menunjukkan banyaknya minyak yang terlepas dari interaksinya dengan mikrokapsul. Minyak yang terlepas dari enkapsulasi dapat bereaksi dengan udara karena sifatnya yang *volatile* (Pancasakti 2022).

### Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi menunjukkan kemampuan media enkapsulasi dapat menjaga kandungan simplisia bubuk daun Melada. Efisiensi enkapsulasi merupakan perbandingan antara total minyak yang terenkapsulasi dengan total minyak yang terdapat pada mikrokapsul.

Tabel 3. Hasil Analisis Efisiensi Enkapsulasi

Formulasi Enkapsulasi	Efisiensi Enkapsulasi (%)		
	Hari ke-1	Hari ke-5	Hari ke-10
F1 (02:10)	79.475 <sup>bcd</sup>	77.062 <sup>cd</sup>	71.213 <sup>ef</sup>
F2 (05:10)	80.382 <sup>bc</sup>	77.391 <sup>cd</sup>	70.409 <sup>f</sup>
F3 (10:10)	82.762 <sup>ab</sup>	80.558 <sup>bc</sup>	75.288 <sup>de</sup>
F4 (12:10)	85.143 <sup>a</sup>	83.119 <sup>ab</sup>	79.246 <sup>bcd</sup>

BNJ 5% = 4.548

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata pada BNJ 5%.

Hasil analisis ragam efisiensi enkapsulasi menunjukkan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 5% ( $\alpha = 0.05$ ) terhadap formulasi enkapsulasi dan durasi daya pikat, sedangkan nilai signifikansi yang lebih besar dari 5% ( $\alpha = 0.05$ ) untuk interaksi formulasi enkapsulasi dan durasi daya pikat. Berdasarkan uji lanjut analisis efisiensi enkapsulasi menunjukkan penurunan efisiensi enkapsulasi dari hari pertama hingga hari kesepuluh. Nilai efisiensi enkapsulasi pada formulasi enkapsulasi F1, F2, F3 dan F4 menunjukkan nilai durasi daya pikat yang berbeda seiring dengan bertambahnya hari. Penurunan efisiensi enkapsulasi disebabkan oleh peningkatan kandungan minyak permukaan pada setiap formulasi. Ketika jumlah simplisia bubuk daun Melada yang mulai berpindah ke permukaan enkapsulasi meningkat maka kekuatan enkapsulasi dalam menahan bubuk di dalamnya menurun (Edris *et al.* 2016).

Nilai efisiensi enkapsulasi formulasi F3 dan F4 memiliki efisiensi enkapsulasi tertinggi dimana persentase durasi daya pikat yang dihasilkan pada hari pertama hingga hari kesepuluh untuk formulasi F3 adalah sebesar 14.16% dan 11.60% untuk formulasi F4. Hal ini disebabkan karena MD-GA pada formulasi F3 dan F4 mengenkapsulasi simplisia bubuk daun Melada dalam jumlah paling banyak, sehingga enkapsulasi dapat mencakup lebih banyak simplisia bubuk daun Melada. Sampel F4 memiliki persentase kandungan minyak permukaan paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa tidak banyak minyak

simplisia bubuk daun Melada yang hilang. Tingginya nilai enkapsulasi menyatakan banyaknya kandungan minyak pada simplisia bubuk daun Melada yang tersimpan dalam mikrokapsul dan kemampuan enkapsulasi yang semakin baik. Tingginya nilai efisiensi enkapsulasi ditentukan oleh nilai kandungan minyak permukaan. Semakin rendah kandungan minyak permukaan akan menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang baik. Semakin baik efisiensi enkapsulasi maka kandungan minyak yang terkandung dalam mikrokapsul juga akan semakin baik sehingga dapat mengurangi perpindahan senyawa ke lapisan permukaan enkapsulasi (Sahlan *et al.* 2019). Secara keseluruhan, efisiensi enkapsulasi pada semua formulasi menunjukkan hasil efisiensi enkapsulasi yang baik, yaitu berkisar antara 70% hingga 85%. Hal ini didukung hasil penelitian oleh Sahlan *et al.* (2019) enkapsulasi minyak gaharu dengan *Maltodextrin* dan Gum Arab menghasilkan nilai efisiensi sebesar 80% hingga 97%.

### Karakteristik Mikrokapsul Yield

Karakteristik mikrokapsul *yield* merupakan persentase simplisia bubuk daun Melada (*core material*) yang berhasil dienkapsulasi dalam mikrokapsul. Nilai *yield* yang tinggi menunjukkan proses enkapsulasi efisien dan menghasilkan banyak mikrokapsul yang mengandung simplisia bubuk daun Melada.

Tabel 4. Hasil Analisis Mikrokapsul Yield

Formulasi Enkapsulasi	Loading Capacity (%)	Yield (%)
F1 (02:10)	1.259	63.103
F2 (05:10)	0.715	66.635
F3 (10:10)	0.902	71.381
F4 (12:10)	1.386	82.375

Hasil perhitungan *yield* menunjukkan formulasi enkapsulasi F4 memiliki nilai tertinggi dibandingkan nilai formulasi enkapsulasi F1, F2 dan F3. Formulasi enkapsulasi terendah berada pada formulasi F1 dengan nilai 63.103%. Formulasi enkapsulasi F4 memiliki nilai yang tinggi yaitu sebesar 82.375% karena emulsi simplisia bubuk daun Melada dan MD-GA yang dihasilkan lebih stabil sehingga menghasilkan mikrokapsul bubuk dengan jumlah yang lebih tinggi. Dengan kata lain, formulasi F4 memiliki konsentrasi media enkapsulasi MD-GA yang lebih sedikit sehingga dalam proses enkapsulasinya formulasi F4 tidak banyak tertinggal pada wadah sampel dalam proses pengeringan dan memiliki nilai *yield* yang paling besar diantara ketiga formulasi lainnya. Hasil analisis menunjukkan semakin tinggi pebandingan bubuk Melada yang diberikan akan meningkatkan *yield* yang dihasilkan. Hasil *yield* dapat dipengaruhi oleh hilangnya produk dalam proses enkapsulasi dan terdapat produk yang masih tertinggal pada wadah sampel saat proses pengeringan. Selain itu, nilai *yield* yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat media enkapsulasi yaitu MD-GA yang memiliki sifat emulsifier yang kurang stabil sehingga proses pencampuran media enkapsulasi dengan simplisia bubuk daun Melada kurang baik, mengakibatkan banyaknya media enkapsulasi yang menempel pada wadah sampel saat proses pengeringan menggunakan oven (Mardikasari *et al.* 2020).

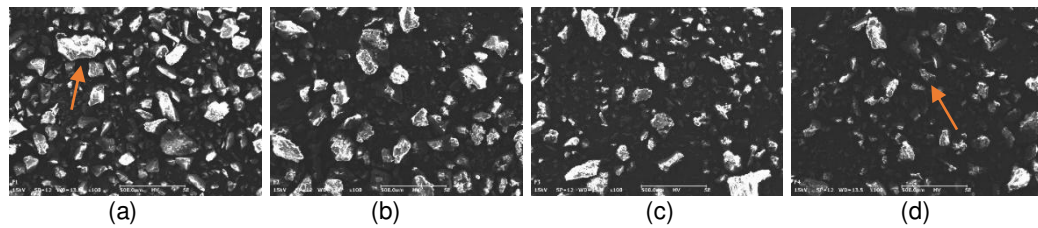
Nilai *loading capacity* atau kapasitas pemuatan yang didapatkan menggambarkan jumlah simplisia bubuk daun Melada yang mampu dienkapsulasi pada jumlah mikrokapsul tertentu setelah proses pengeringan. *Loading capacity* pada formulasi enkapsulasi F4 memiliki nilai tertinggi yaitu 1.386%. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi F4 media MD-GA mengenkapsulasi simplisia bubuk daun Melada lebih baik dibandingkan formulasi enkapsulasi F1, F2, F3, dan F4. Nilai *loading capacity* F2 dan F3 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan formulasi enkapsulasi F4. Nilai kapasitas pemuatan yang lebih kecil dapat disebabkan oleh lebih sedikit enkapsulasi yang berdampingan dengan pelarut sehingga massa padatan menjadi lebih sedikit (Sahlan *et al.* 2019).

### Analisis Morfologi

*Gum Arabic* menghasilkan partikel enkapsulasi dengan morfologi permukaan yang lebih halus dan lipatan yang lebih banyak (Setriato, 2014). Morfologi permukaan tersebut terbentuk karena sifat bahan enkapsulasi yang digunakan adalah polisakarida seperti *Maltodextrin* (Sahlan *et al.* 2019). Hal ini terjadi karena adanya proses penyusutan atau penyusutan partikel yang terjadi pada saat proses pengeringan.

Hasil analisis morfologi SEM pada pembesaran 30.000 kali menunjukkan partikel-partikel MD-GA yang berada pada formulasi enkapsulasi F1 lebih banyak dibandingkan formulasi enkapsulasi F2, F3, dan F4. Formulasi enkapsulasi F1 menunjukkan adanya mikrokapsul yang berukuran 363.6  $\mu\text{m}$ , F2 memiliki ukuran mikrokapsul sebesar 334.3  $\mu\text{m}$ , F3 memiliki ukuran mikrokapsul sebesar 310.2  $\mu\text{m}$ , dan F4 memiliki mikrokapsul sebesar 275.2  $\mu\text{m}$ . Ukuran mikrokapsul yang berbeda dipengaruhi oleh perbandingan antara media enkapsulasi MD-GA dan simplisia bubuk daun Melada. Sampel enkapsulasi yang dihaluskan dapat menyebabkan permukaan memiliki sudut tajam pada pinggir partikel (kerusakan). Hal ini akan menyebabkan daerah tipis selama penyalutan sehingga menyebabkan pola

pelepasan bahan inti (aktif) dan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan menjadi tidak sempurna. Partikel besar yang terlihat pada Gambar 1(a) terbentuk karena penggumpalan media enkapsulasi MD-GA yang mengikat simplisia bubuk daun Melada dalam konsentrasi yang kecil. Jumlah partikel dan ukuran mikrokapsul menunjukkan penurunan seiring dengan media enkapsulasi. Ukuran partikel terkecil terdapat pada formulasi enkapsulasi F4. Hal ini disebabkan karena media enkapsulasi yang ditambahkan lebih sedikit dibandingkan dengan simplisia bubuk daun Melada sehingga mikrokapsul yang terbentuk memiliki konsentrasi media MD-GA yang kecil dan mengurangi penggumpalan media pada mikrokapsul. Permukaan enkapsulasi yang berpori disebabkan oleh banyaknya cairan yang ada di dalam lapisan permukaan enkapsulasi; permukaan enkapsulasi membentuk rongga. Semakin banyak cairan yang terdapat pada lapisan enkapsulasi maka semakin banyak pula pori-pori yang terjadi pada permukaan enkapsulasi yang dihasilkan (Sahlan *et al.* 2019).



Gambar 1. Hasil Analisis Morfologi Enkapsulasi

(a) F1: formulasi enkapsulasi 02:10, (b) F2: formulasi enkapsulasi 05:10, (c) F3: formulasi enkapsulasi 10:10, (d) F4: formulasi enkapsulasi 12:10, partikel berwarna putih menunjukkan partikel MD-GA, partikel berwarna hitam menunjukkan partikel simplisia bubuk daun Melada

### Ukuran Mikrokapsul

Ukuran mikrokapsul merupakan komponen penting karena dapat mempengaruhi sifat mikrokapsul yang terbentuk (Umar, 2019). Penentuan ukuran mikrokapsul diukur menggunakan instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA).

Tabel 5. Distribusi Ukuran Mikrokapsul Berdasarkan Diameter Volume

Formulasi	Ukuran Partikel (Z-average) ( $\mu\text{m}$ )	Distribusi Ukuran Partikel (PI) ( $\mu\text{m}$ )
F1	245.2	463.4
F2	201.2	396.3
F3	203.6	402.9
F4	252.6	489.9

Keterangan: Data distribusi ukuran partikel (PI) persentase dibawah 90%  
F1: 02:10, F2: 05:10, F3: 10:10, F4:12:10

Hasil pengukuran mikrokapsul pada formulasi enkapsulasi F1 sampai dengan F4 rata-rata ukuran partikel berada pada rentang 201.2  $\mu\text{m}$ –252.6  $\mu\text{m}$ . Distribusi ukuran partikel terbesar berada pada formulasi enkapsulasi F4 yaitu 489.9  $\mu\text{m}$ . Perbedaan ukuran partikel ini dipengaruhi oleh perbandingan rasio formulasi enkapsulasi yang digunakan dengan MD-GA sebagai pembentuk dinding mikrokapsul. Ketidakteraturan proses pengeringan sangat mempengaruhi distribusi dari ukuran partikel (Septevani *et al.* 2018).

### Efektivitas Atraktan

Efektivitas atraktan adalah kemampuan senyawa untuk menarik hama dengan cara yang efektif dan efisien. Atraktan merupakan senyawa yang dapat menarik serangga untuk datang (Andiko *et al.* 2023).

Hasil analisis ragam menunjukkan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 5% ( $\alpha = 0.050$ ), sehingga perbandingan formulasi enkapsulasi dengan durasi waktu pemasangan perangkat pada hari pertama hingga hari kesepuluh memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah lalat buah yang didapatkan. Berdasarkan data uji lanjut didapatkan formulasi enkapsulasi F4 sebanyak 171.67 ekor pada hari kelima tidak berbeda nyata dengan kontrol *Metil Eugenol* F0 sebanyak 168 ekor pada hari pertama. Formulasi enkapsulasi F3 menangkap lalat buah (*Bactrocera* spp.) sebanyak 61.67 ekor dan F4 sebanyak 75 ekor juga menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan kontrol F0 sebanyak 55 ekor pada hari kesepuluh. Hal ini berarti adanya peningkatan efektivitas ketahanan *slow release* senyawa *volatile*

atraktan biologis simplisia bubuk daun Melada untuk memerangkap lalat buah pada tanaman cabai rawit.

Tabel 6. Jumlah Populasi Lalat Buah pada Tanaman Cabai Rawit Selama Sepuluh Hari Pengamatan

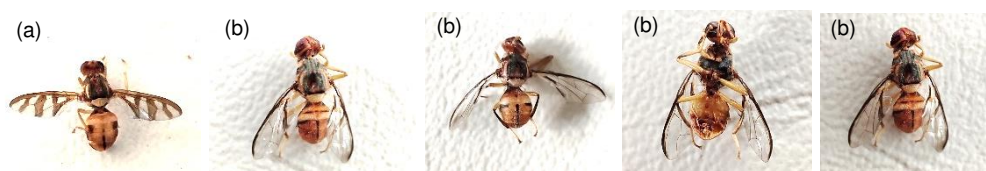
Formulasi Enkapsulasi	Jumlah Populasi (ekor)		
	Hari ke-1	Hari ke-5	Hari ke-10
F0 (Kontrol Petrogenol)	168.00 <sup>ab</sup>	185.33 <sup>a</sup>	55.00 <sup>d</sup>
F1 (02:10)	19.00 <sup>f</sup>	26.67 <sup>ef</sup>	20.67 <sup>f</sup>
F2 (05:10)	54.33 <sup>d</sup>	60.00 <sup>d</sup>	52.33 <sup>de</sup>
F3 (10:10)	119.00 <sup>c</sup>	125.67 <sup>c</sup>	61.67 <sup>d</sup>
F4 (12:10)	154.33 <sup>b</sup>	171.67 <sup>ab</sup>	75.00 <sup>d</sup>

BNJ 5% = 1.258

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata pada BNJ 5%.

### Identifikasi Hama Lalat Buah

Identifikasi hama lalat buah dilakukan menggunakan kunci determinasi lalu diklasifikasikan berdasarkan spesies dan jenis kelaminnya.



Gambar 2. Hasil Identifikasi Keragaman Lalat Buah pada Tanaman Cabai Rawit  
(a) Imago *Bactrocera umbrosa* dan (b) Imago *Bactrocera melastomatos*

Berdasarkan hasil pemasangan perangkap lalat buah menggunakan kontrol *Metil Eugenol* (Petrogenol) dan kombinasi perlakuan media (MD-GA) dengan simplisia bubuk daun Melada, didapatkan lalat buah spesies *Bactrocera melastomatos* lebih dominan terperangkap dibandingkan spesies *Bactrocera umbrosa* pada lahan cabai rawit di Desa Sungai Slamet, Pontianak Utara, Kota Pontianak. Perbedaan kelompok lalat buah berdasarkan kisaran inang pada spesies lalat buah dapat terjadi akibat proses evolusi yang terjadi antara spesies lalat buah dan inangnya (Yudhastuti & Sembiring 2024). Menurut Rasyid (2023) perbedaan kisaran inang yang dimiliki oleh spesies lalat buah dipengaruhi oleh preferensi serta persepsi lalat buah terhadap morfologi, nutrisi, persebaran dan kuantitas tanaman inang serta interaksi terhadap organisme serta individu lain.

Hasil identifikasi keragaman lalat buah dari hari pertama hingga hari kesepuluh didapatkan perlakuan kontrol F0 tingkat kelimpahan populasi adalah 408 ekor dengan spesies lalat buah jantan yang dominan terperangkap adalah *Bactrocera umbrosa*. Perlakuan formulasi enkapsulasi F1 didapatkan rata-rata kelimpahan populasi lalat buah sebanyak 66 ekor dengan spesies lalat buah jantan yang dominan terperangkap adalah *Bactrocera melastomatos*. Perlakuan F2 didapatkan rata-rata kelimpahan populasi lalat buah jantan sebanyak 167 ekor dengan spesies lalat buah jantan yang dominan terperangkap adalah *Bactrocera melastomatos*. Perlakuan F3 didapatkan rata-rata kelimpahan populasi lalat buah jantan sebanyak 306 ekor dengan spesies lalat buah jantan yang dominan terperangkap adalah *Bactrocera melastomatos* dimana 50 ekor diantaranya merupakan lalat buah jantan spesies *Bactrocera umbrosa*. Perlakuan F4 didapatkan rata-rata kelimpahan populasi lalat buah jantan sebanyak 400 ekor dan 1 lalat buah betina dengan jenis lalat buah yang dominan terperangkap adalah *Bactrocera melastomatos* dan 72 ekor spesies *Bactrocera umbrosa*.

Perlakuan F0 (kontrol) adalah perlakuan yang menangkap lalat buah lebih banyak dibandingkan formulasi enkapsulasi, namun jumlah ini tidak berbeda jauh dengan hasil kelimpahan populasi lalat buah pada perlakuan F3 dan F4 yang memikat lalat buah paling beragam. Perlakuan F1 adalah formulasi enkapsulasi yang kelimpahan populasi lalat buahnya paling sedikit. Ariva *et al.* (2023) menyatakan bahwa keanekaragaman inang yang tinggi sangat mempengaruhi keanekaragaman spesies, kelimpahan individu dan persebaran lalat buah di suatu wilayah, sedangkan habitat homogen umumnya terdiri atas inang dengan jenis yang terbatas sehingga menyebabkan adanya keterbatasan spesies lalat buah yang terdapat pada wilayah tersebut.

Hal ini juga menunjukkan daya pikat formulasi enkapsulasi tiap durasi waktu hari pertama, hari kelima dan hari kesepuluh mengalami penurunan, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol

*Metil Eugenol*, berarti ketahanan pelepasan senyawa *volatile* formulasi enkapsulasi dapat dipertahankan dengan baik (*slow release*) dan efektif untuk memikat lalat buah pada tanaman cabai rawit. Penelitian yang dilakukan oleh Ariva *et al.* (2023) menunjukkan bahwa keberadaan tanaman yang sengaja dibudidayakan dalam jumlah tinggi sangat mempengaruhi populasi spesies lalat buah yang menjadi hama tanaman tersebut.

### Penentuan Formulasi Terbaik

Formulasi terbaik dihitung berdasarkan metode indeks efektivitas (De Garmo *et al.* 1984; Nurjannah & Utami 2022).

Tabel 7. Hasil Analisis Perlakuan Terbaik Dengan Metode Indeks Efektivitas

Formulasi	M:MD-GA	EA	EE	LC	Y	Total Nilai Produk
F1	02:10	0.215	0.009	0.028	0.086	0.338
F2	05:10	0.090	0.220	0.000	0.037	0.346
F3	10:10	0.000	0.400	0.100	0.000	0.500
F4	12:10	0.300	0.000	0.081	0.200	0.581

Keterangan: Bobot nilai produk tertinggi merupakan formulasi dengan perlakuan terbaik

M:MD-GA: Melada-Maltodekstrin-Gum Arabic, EA: Efektivitas Atraktan, EE (%): Efisiensi Enkapsulasi, LC (%): *Loading Capacity*, Y (%): *Yield*

Berdasarkan perhitungan bobot nilai dan nilai efektivitas didapatkan formulasi enkapsulasi F4 memiliki nilai tertinggi yaitu 0.581 dengan perbandingan simplisia bubuk daun Melada dan media MD-GA adalah 12:10. Hasil ini menunjukkan bahwa perbandingan pada formulasi F4 menghasilkan produk enkapsulasi dengan nilai produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan formulasi lainnya. Nilai produktivitas ini menggambarkan nilai efektivitas atraktan, efisiensi enkapsulasi, *loading capacity*, dan *yield* terbaik, dimana secara kuantitas dapat memerangkap jumlah lalat buah yang lebih banyak dan secara kualitas ketahanan pelepasan senyawa *volatile* bersifat *slow release* lebih tinggi dan ketahanan yang lebih lama.

## KESIMPULAN

Formulasi enkapsulasi simplisia bubuk daun Melada berbasis *Maltodextrin* dan *Gum Arabic* dalam meningkatkan ketahanan *slow release* senyawa *volatile* dan efektif memikat lalat buah terbanyak adalah formulasi F3 rasio perbandingan 10:10 dan F4 rasio perbandingan 12:10. Optimasi aplikasi atraktan biologis terbaik yang berpotensi dikembangkan sebagai atraktan lalat buah yang ramah lingkungan upaya pengendalian OPT dapat disesuaikan kebutuhan, dimana formulasi F3 dapat dipilih karena memberikan hasil efektivitas yang tidak berbeda, namun untuk memberikan hasil yang maksimal maka formulasi F4 dapat dijadikan pilihan terbaik. Selain itu, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti belum dilakukannya pengujian efektivitas atraktan pada jenis tanaman lain dan belum dilakukannya analisis biaya-manfaat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi penelitian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) yang telah memberikan bantuan dana dalam melaksanakan penelitian PKM-RE 2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, DA & Wibowo, AA 2021, 'Teknologi enkapsulasi: teknik dan aplikasinya', *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hlm. 202-209.
- Andiko, F, Pramudi, MI, & Soedijo, S 2023, 'Efektivitas beberapa jenis feromon organik sebagai atraktan lalat buah pada tanaman cabai', *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, vol. 6, no. 1, hlm. 589-597.
- Ariva, PS, Rusdy, A, & Hasnah, H 2023, 'Biodiversitas lalat buah (*Diptera: Tephritidae*) di Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 8, no.3, hlm. 509-525.
- Astuti RB 2016, 'Pengaruh pemberian pestisida organik dari daun mindi (*Melia azedarach* L.), daun pepaya (*Carica papaya* L.), dan campuran daun pepaya (*Carica papaya* L) dan daun mindi (*Melia*

- azedarach L.) terhadap hama dan penyakit tanaman cabai merah', *Skripsi*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Burhan, AM, Hamid, SMA, Soliman, ME, & Sammour, OA 2019, 'Optimisation of the microencapsulation of lavender oil by spray drying', *International Journal Microencapsulation*, vol. 36, no. 3, hlm. 250-266.
- De Garmo, EP, Canada, JR, & Sullivan, WG 1984, *Engineering economy*, New York Macmillan Pub. Coy. Inc, New York.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura 2021, *Strategi dan kebijakan pengelolaan lalat buah skala luas pada tanaman mangga*, Jakarta.
- Edris, AE, Kalemba, D, Adamiec, J & Piaoakowski, M 2016, 'Microencapsulation of nigella sativa oleoresin by spray drying for food and nutraceutical applications', *Food Chemistry*, vol. 204, hlm. 326-333.
- Jayanudin, J, Rochmadi, R, Renaldi, MK & Pangihutan, P 2017, 'Pengaruh bahan penyalut terhadap efisiensi enkapsulasi oleoresin jahe merah', *Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 13, no. 2, hlm. 275-287.
- Juniawan 2021, 'Uji dayatarik tiga merk atraktan untuk pengendalian hama lalat buah (*Bactrocera* spp.) pada tanaman sayuran dan buah-buahan', *Jurnal AGRI PEAT*, vol. 22, no. 1, hlm. 59-65.
- Mardikasari, SA, Suryani, S & Puspitasari, M 2020, 'Preparasi dan karakterisasi mikrokapsul asam mefenamat menggunakan polimer natrium alginat dengan metode gelasi ionik', *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, vol. 18, no. 2, hlm. 192-197.
- Nurjannah, I & Utami, CR 2022, 'Karakteristik tepung nanas varietas queen (*Ananas comosus* L. Merr) termodifikasi metode foam mat drying', *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, vol. 13, no. 1, hlm. 121-133.
- Pancasakti, BP 2022, 'Pengaruh penambahan minyak kelapa murni terhadap sifat perekat berbahan dasar tepung tapioka', *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 11, no. 1, hlm. 1-7.
- Pulungan, MH, Dewi, IA, Rahmah, NL, Perdani, CG, Wardina, K & Pujiana, D 2018, *Teknologi pengemasan dan penyimpanan*, Universitas Brawijaya Press, Malang
- Putri, DN, Wibowo, YMN & Harini, N 2021, 'Karakteristik mikrokapsul minyak ekstrak dari kepala kakap merah pada beberapa rasio bahan penyalut', *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 22 no. 2, hlm. 89-100.
- Raja, MB, Parthiban, S, Anandhan, M, Venkadeswaran, E, Pandi, K, Suganthi, S & Prakash, MS 2018, 'Rooting and sprouting performance of nodal cutting of cultivated and wild inter specific piper rootstocks', *International Journal of Chemical Studies*, vol. 6, no. 2, hlm. 20-24.
- Rao, PS, Bajaj, RK, Mann, B, Arora, S & Tomar, SK 2016, 'Encapsulation of antioxidant peptide enriched casein hydrolysate using maltodextrin-gum arabic blend', *Journal of Food Science and Technology*, vol. 53, no. 10, hlm. 3834-3843
- Rasyid, M, Anggraini, D, Monalisah, M, Noviani, N, Alfaiz, S, Setiawati, T & Arsi, A 2023, 'Inventarisasi lalat buah (*Diptera: Tephritidae*) pada pertanian pepaya di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan', *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, vol. 10, no. 1, hlm. 768-776.
- Sahlan, M, Fadhan, AM, Pratami, DK, Wijanarko, A, Lischer, K, Hermansyah, H & Kaysa, FM 2019, 'Enkapsulasi minyak esensial agarwood dengan maltodextrin dan gum arabic', *Jurnal Teknologi Internasional*, vol. 10, no. 8, hlm. 1541-1547.
- Septevani, AA, Sondari, D, & Ghozali, M, 2018, 'Pengaruh teknik pengeringan semprot (spray drying) dalam mikroenkapsulasi asiaticoside dan ekstrak jahe', *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 14, no. 4, hlm. 248-252.
- Setiarto, RHB 2020, *Teknologi pengemasan pangan antimikroba yang ramah lingkungan*, Guepedia, Bogor
- Sruthi, D, & Zachariah, TJ 2017, 'In vitro antioxidant activity and cytotoxicity of sequential extracts from selected black pepper (*Piper nigrum* L.) varieties and piper species', *International Food Research Journal*, vol. 24, no. 1, hlm. 75-85.
- Wahyurini, E, & Utomo, HS 2020, *Sayuran sehat di pekarangan*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UPN Veteran Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yudhastuti, R, Susanna, D, & Sembiring, TUJ 2024, *Bagaimana Arthropoda sebagai Vektor penyakit di Masyarakat*, Zifatama Jawara, Sidoarjo.
- Yuwono, SS, & Waziroh, E 2017, *Teknologi pengolahan pangan hasil Perkebunan*, Universitas Brawijaya Press, Malang.