

ANALISIS VOLUME MINYAK DAGING BUAH, MACE, BIJI BERDASARKAN DIAMETER BUAH *Myristica Fragrans*

Volume Analysis of Flesh, Mace, and Seed Oil Based on Diameter of the Myristica fragrans Fruit

Mario Nikolaus Dalengkade¹, Fiktor Imanuel Boleu², Jubhar Christian Mangimbulude³, Ferry Fredy Karwur⁴

¹Program Studi Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
Jl. Wari Raya, Tobelo, Halmahera Utara 97762, Indonesia

²Program Studi Kehutanan, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
Jl. Wari Raya, Tobelo, Halmahera Utara 97762, Indonesia

³Politeknik Perdamaian Halmahera

Jln. Raya Tobelo Galela, Tobelo, Halmahera Utara 97762, Indonesia

⁴Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, 50711, Indonesia

Telp. 0534143376

E-mail: mariodalengkade@gmailcom

(Makalah diterima 13 April 2021 – Disetujui 03 Desember 2022)

ABSTRAK

Myristica fragrans merupakan salah satu tumbuhan aromatik, karena mengandung komponen minyak atsiri (C₁₀). Minyak tersebut diekspor ke berbagai negara sehingga meningkatkan devisa Indonesia. *Mace* dan biji yang telah berumur 9 bulan merupakan bahan baku utama sedangkan daging buah belum dimanfaatkan sebagai bahan baku, serta belum adanya perubahan pemanenan bahan baku berdasarkan parameter *yield* minyak. Dalam penelitian ini menitik beratkan pada kajian *yield* minyak dari daging buah, *mace*, serta biji berdasarkan perbedaan diameter buah *M. fragrans*. Menggunakan model Gaussian mengungkapkan volume minyak maksimum daging buah 0.64 mL, *mace* 0.66 mL, biji 0.65 mL pada diameter 3.5 cm.

Kata kunci: *Myristica fragrans*, daging buah, *mace*, biji, Gaussian

ABSTRACT

Myristica fragrans is an aromatic plant, because it contains essential oil (C₁₀) components. The oil is exported to various countries there by increasing Indonesia's foreign exchange. *Mace* and seeds that are 9 months are the main raw materials, while the flesh has not been used as raw materials, and there has been no change in the harvesting of raw materials based on oil yield parameters. This research focuses on the study of oil yield from flesh, *mace*, and seeds based on differences in the diameter of the fruit of *M. fragrans*. Using the Gaussian model revealed the maximum volume of flesh oil 0,64 mL, *mace* 0,66 mL, seeds 0,65 mL at 3,5 cm diameter.

Key words: *Myristica fragrans*, flesh, *mace*, seeds, Gaussian

PENDAHULUAN

Mace dan biji dari *Myristica fragrans* lazimnya dipanen pada umur 9 bulan merupakan bahan baku industri minyak atsiri (Wilde, 2014; Helen *et al.*, 2012; Dalengkade dan Karwur, 2020). Diketahui minyak atsiri difungsikan antara lain sebagai antiepilepsi, antioksidan, antimikroba, penghambat sel kanker di usus besar, insektisida alami, dan pengawet makanan (Wahab *et al.*, 2009; Piaru *et al.*, 2012; Piras *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2014; Abourashed and El-Alfy, 2016; Al-Malahmeh *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2018; Boukhatem, 2020).

Baru-baru ini Morsy, (2016) berhasil menyelidiki kandungan senyawa dari biji yang berumur 9 bulan yakni terdapat 9 kelompok komponen utama dengan total 53 senyawa, tersusun atas ρ -menth-2-en-1-ol (0,21%) dan jenis lainnya. Sampel yang sama, Zhang *et al.*, (2016) melaporkan terdapat 22 senyawa dengan jenis antara lain *linalool* (0,35%) dan *myristicin* (2,40%). Selain itu Muchtaridi *et al.*, (2010); Lanari *et al.*, (2018); Ghorbanian *et al.*, (2019) menyatakan presentase jenis senyawa pada sampel tersebut, seperti *sabinene* (21,38%), *safrrole* (2,90%), dan *elemicin* (22,16%). Sedangkan Chatterjee *et al.*, (2007) mengungkapkan *mace* yang berumur 9 bulan, dengan corak warna merah memiliki *erythro*-(3,4-methylenedioxy-7-hydroxy-1'-allyl-3',5'-dimethoxy)-8,0,4',-*neolignan* (21,64%). Shafiei *et al.*, (2012) mengemukakan daging buah mengandung minyak atsiri 29,81 g dengan presentase *yield* 6,05%. Senyawa yang berhasil diidentifikasi dari biji, *mace*, dan daging buah *M. fragrans* merupakan monoterpena (C₁₀) (Dalengkade dan Karwur, 2018).

Berbeda dengan uraian sebelumnya, data penelitian pada bidang biokimia dapat dianalisis menggunakan matematika. Model matematika yang sering dirunut menurut Sabry *et al.*, (2018); Limpert and Stahel, (2011); Bose *et al.*, (2018) seperti eksponensial dan Gaussian, serta model tersebut termasuk ke dalam statistik parametrik. Guo, (2011); Hagen *et al.*, (2007); Feng *et al.*, (2007); Press *et al.*, (2007); Abdel-Aal, (2002) menyatakan model Gaussian direpresentasikan oleh kesimetrian kurva genta. Rios-Esteva *et al.*, (2008) mengemukakan volume C₁₀ dari *Mentha x piperita* memiliki perbedaan pada *yield*, berdasarkan perhitungan aktivitas enzim menggunakan model Gaussian. Selain itu, penggunaan model Gaussian memberikan informasi hubungan antara indeks warna, panjang gelombang, dan nilai absorbansi pada minyak (Leong *et al.*, 2018).

Menelaah kembali mengenai peran minyak atsiri *M. fragrans* dan persentase jenis senyawanya, serta penerapan model Gaussian seperti yang telah dijabarkan pada paragraf sebelumnya, maka hal menarik dari

uraian tersebut yakni “Apakah model Gaussian mampu memberikan informasi yang tepat mengenai hubungan volume minyak daging buah, *mace*, dan biji terhadap perbedaan diameter buah *M. fragrans*?”. Fokus penelitian ini yakni menjawab pertanyaan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Sampel buah yang digunakan berasal dari satu pohon yang sama. Sampel dalam penelitian ini berdasarkan perbedaan (pengukuran menggunakan jangka sorong dengan ketelitian alat yakni 0.01 mm) diameter (cm) buah *M. fragrans*, dan sampel berasal dari KPTT (Kursus Pertanian Taman Tani) Salatiga. Prosedur ekstraksi daging buah, *mace*, dan biji mengacu pada Jin *et al.*, (2015) dengan modifikasi pelarut. Sedangkan analisis volume minyak (*yield*) hasil ekstraksi dari setiap bagian buah yakni mengacu pada model Gaussian.

Prosedur Ekstraksi

Diawali dengan pencucian sampel dari material (lumpur/tanah), dilanjutkan dengan pemisahan bagian sampel (daging buah, *mace*, biji) untuk setiap perbedaan diameter buah. Selanjutnya pembekuan sampel dengan nitrogen cair, diikuti penumbukan (mortar, pestle) guna menghasilkan bubuk, lalu bubuk sebanyak 500 gr dimasukkan ke dalam tube yang telah terisi 600 μ l etil asetat (Sigma-Aldrich) termasuk 2 μ l camphor (Sigma-Aldrich). Kemudian di fortex selama 10 menit dan diinkubasi selama 2 jam pada kecepatan 50 rpm. Berikutnya sampel dimasukkan ke dalam sentrifugus selama 10 menit dengan kecepatan 13.000g, dilanjutkan dengan pemindahan sampel ke tube baru yang terisi 300 mg anhidrat Na₂SO₄ (Sigma-Aldrich) dan di sentrifugus kembali pada kecepatan yang sama guna menghilangkan kandungan air. Pada tahap akhir sampel dipindahkan ke tube ulir menggunakan spuit, dan dilanjutkan dengan pengukuran volume minyak *M. fragrans*.

Prosedur Pemodelan Volume Minyak

Analisis volume minyak *M. fragrans* dari hasil prosedur ekstraksi yakni meliputi tahapan sebagai berikut: 1) Menetapkan pasangan data guna mengkonstruksi data awal meliputi a) Menghitung rerata volume minyak *M. fragrans* dari daging buah, *mace*, dan biji berdasarkan perbedaan diameter buah, b) Pembuatan grafik rerata guna melihat pola data awal volume minyak, dan c) Interpolasi data volume minyak. Interpolasi dalam penelitian ini digunakan sebagai pencarian nilai antara

dari data pengukuran volume minyak dan diameter buah, serta menghasilkan kurva untuk menentukan model yang akan digunakan. Hal ini, karena baik data diameter buah dan volume minyak yakni sebanyak $n = 9$. Selain itu, pemaparan dalam pembahasan interpolasi yakni hanya memaparkan ke dalam bentuk kurva. Interpolasi data yakni menggunakan metode spline kubik dituangkan ke dalam persamaan (1) (Enjilela *et al.*, 2019; Geha *et al.*, 2011).

$$\begin{aligned}
 s_1 &= a_1(x - x_1)^3 + b_1(x - x_1)^2 + c_1(x - x_1) + d_1 \\
 s_2 &= a_2(x - x_2)^3 + b_2(x - x_2)^2 + c_2(x - x_2) + d_2 \\
 s_i &= a_{n-1}(x - x_{n-1})^3 + b_{n-1}(x - x_{n-1})^2 \\
 &+ c_{n-1}(x - x_{n-1}) + d_{n-1}
 \end{aligned} \tag{1}$$

dengan $x_n \leq \chi \leq x_{n-1}$

2) Menetapkan model matematika guna menganalisis volume minyak:

$$y = y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\pi/2}} e^{-2\left(\frac{x-x_c}{w}\right)^2} \tag{2}$$

Persamaan (2) merupakan model Gaussian yang dipakai dalam penelitian ini, dimana $\chi = \mu$ (kesimetrian kurva), puncak kurva dinyatakan dengan A , dan χ_c mewakili titik koordinat aksial dari A , serta $w = \text{FWHM}$ (*Full Width at Half Maximum*) $\approx \text{FWHM}/2.35$ yakni mengendalikan lebar kurva (dimaksudkan dengan ekspresi suatu tingkatan fungsi dari perbedaan antara dua harga ekstrim untuk harga variabel independen dimana harga variabel dependen sama dengan $\frac{1}{2}$ harga maksimumnya) (Bota *et al.*, 2009; Matzke and Wagenmakers, 2009; Cui *et al.*, (2015). Dalam analisis persamaan (1) dan dilanjutkan ke persamaan (2) yakni menggunakan program Origin 8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Volume Minyak Daging Buah

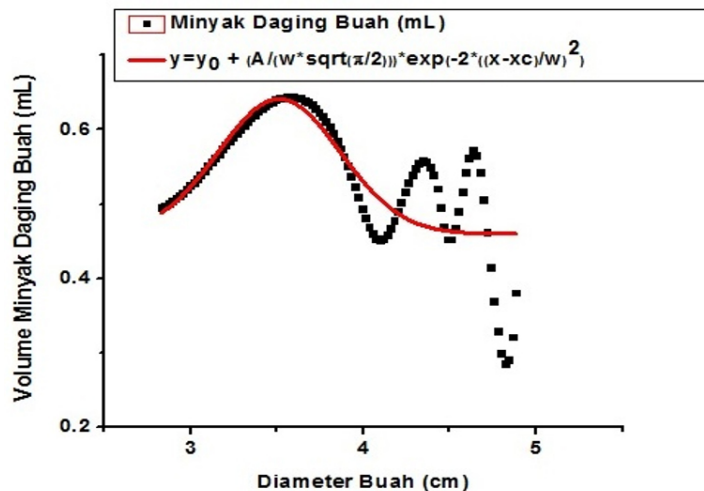
Seperi yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai penggunaan persamaan (1). Adapun luaran dalam bentuk kurva hitam dalam Gambar 1 menunjukkan sebaran data hasil interpolasi. Gambaran hasil interpolasi memperlihatkan perubahan diameter buah dengan volume minyak daging buah. Berdasarkan prosedur analisis persamaan (2), maka volume minyak daging buah *M. fragrans* ditunjukkan ke dalam Gambar 1.

$$\text{Fungsi } y = 0,45989 + \frac{0,16086}{0,70784\sqrt{\pi/2}} e^{-2\frac{(x-3,1521)^2}{0,70784^2}}$$

dibentuk oleh persamaan (2), dan *R-Square* = 0,59 serta *FWHM* = 0,83 (Gambar 1 kurva merah). Disamping itu kurva merah menunjukkan secara jelas daging buah *M. fragrans* dari buah dengan diameter 3 cm memiliki volume minyak 0,57 mL, dan terus meningkat mencapai volume maksimum yakni 0,64 mL tepat pada diameter 3,5 cm. Kemudian volume tersebut berkurang menjadi 0,52 mL pada diameter 4,42 cm.

Profil Volume Minyak Mace

Uraian mengenai hasil interpolasi persamaan (1) diperlihatkan oleh Gambar 2 kurva hitam. Sebaran data hasil interpolasi menunjukkan bahwa perubahan diameter buah dengan volume minyak *mace*. Luaran pemodelan persamaan (2) untuk volume minyak *mace* menghasilkan profil minyak *mace* dari setiap perubahan diameter buah Gambar 2.



Gambar 1. Luaran analisis volume minyak daging buah, dimana kurva merah merupakan hasil persamaan (2), kurva hitam yakni sebaran data volume minyak daging buah.

Gambar 2 (kurva merah) yakni representasi dari

$$y = -3,48231 + \frac{41,47404}{8,00175\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-3,75409)^2}{8,00175^2}}$$

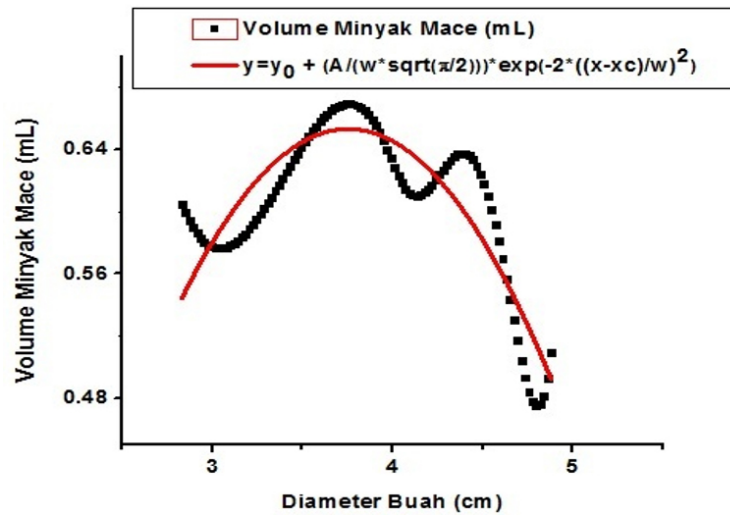
mewakili persamaan (2) dengan $R\text{-Square} = 0,77$ dan $FWHM = 9,42$. Selain itu volume minyak mace memiliki kesamaan dengan volume minyak daging buah Gambar 1. Dimana sejak buah *M. fragrans* dengan diameter 3 cm mengandung volume minyak sebesar 0,57 mL dan terus meningkat mencapai volume maksimum 0,66 mL pada diameter 3,86 cm. Setelah itu menurun kembali mencapai volume minyak minimum 0,47 mL pada diameter 4,81 cm.

Profil Volume Minyak Biji

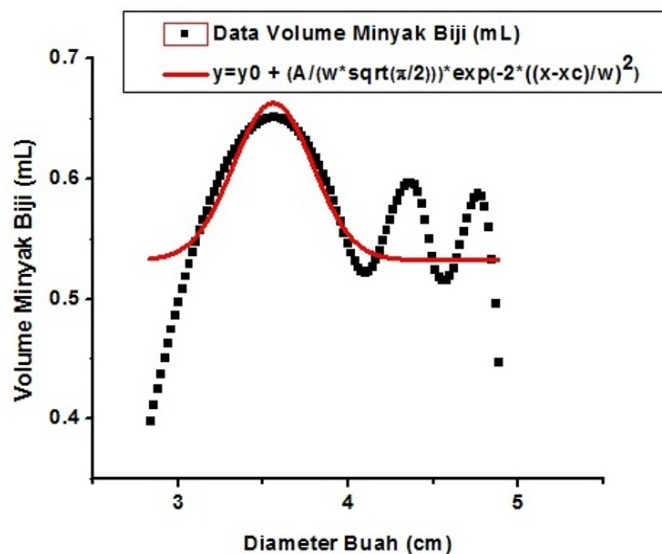
Pemaparan hasil interpolasi persamaan (1) diwakili oleh kurva hitam Gambar 3. Hasil interpolasi yakni banyak volume minyak biji dengan perubahan diameter buah. Merujuk pada penggunaan model matematika persamaan (2), sehingga memperlihatkan volume minyak biji *M. fragrans* hasil ekstraksi yang diperlihatkan ke dalam Gambar 3.

Kurva merah Gambar 3 adalah fungsi semata

$$y = 0,53245 + \frac{0,07621}{0,46489\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-3,55721)^2}{0,46489^2}}$$



Gambar 2. Visualisasi persamaan (2) kurva merah, dan kurva hitam merupakan data volume minyak mace berdasarkan perbedaan diameter buah.



Gambar 3. Sebaran data volume minyak biji (kurva hitam), sedangkan kurva merah merupakan gambaran persamaan (2).

hasil analisis persamaan (2) dengan R -Square = 0,58 dan $FWHM$ = 0,54. Disamping itu volume minyak biji kurva merah memiliki kesamaan dengan luaran kurva sebelumnya (Gambar 1 dan 2). Tergambar secara jelas buah *M. fragrans* dengan diameter 3 cm memiliki volume minyak biji sebesar 0,54 mL dan terus meningkat mencapai volume minyak maksimum sebesar 0,65 mL pada diameter 3,5 cm. Kemudian volume minyak biji menurun pada diameter 4,2 cm sebesar 0,57 mL.

Analisis Profil Minyak

Mengkombinasikan hasil temuan ini dengan Dalengkade dan Karwur, (2020) yang melaporkan kasus perkembangan buah *M. fragrans* menggunakan fungsi $y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$ menghasilkan tiga fase perkembangan yakni: 1) Fase pertama dalam penelitian mereka terhitung sejak buah berdiameter 0,63-1,28 cm (perubahan selama 43 hari). Sedangkan dalam penelitian ini, untuk diameter tersebut tidak diketahui volume minyaknya (karena proses ekstraksi berawal dari buah yang berdiameter 2,83 cm) untuk daging buah, mace, dan biji. Tapi dengan melihat kurva merah hasil pemodelan persamaan (2) harusnya volume minyak, fase pertama berada pada kisaran 0,49 atau < 0,49 mL (daging buah), < 0,47 mL (mace), dan 0,39 atau < 0,39 mL (biji), hal tersebut karena buah *M. fragrans* sangat kecil dan fase pertama mengindikasikan perlambatan perkembangan buah; 2) Fase kedua tercatat dalam penelitian mereka, dimana diameter buah berawal dari 1,73-3,99 cm (perubahan selama 98 hari). Dalam penelitian ini (Gambar 1, 2, 3 kurva merah) ketika buah memasuki/lebih tepat berdiameter 3 cm volume minyak daging buah, mace, biji mulai meningkat mencapai volume minyak maksimum pada diameter 3,5 cm, dan semakin berubahnya diameter buah hingga 4 cm volume minyak semakin menurun. Penurunan volume minyak belum diketahui secara pasti (belum adanya kajian mengenai hal yang dimaksud). Tapi dengan menimbang kajian regulasi golongan senyawa C_{10} dan tinjauan evolusi kimianya memungkinkan menemukan asumsi penyebab penurunan volume minyak dari bahan baku. Lazimnya tumbuhan memproses C_{10} melalui jalur 3,5-dihydroxy-3-methylvalerate maupun methyl-D-erythritol phosphate disodium salt kemudian menghasilkan substrat tertentu. Di *M. fragrans* yakni GPP (Geranyl difosfat) bertindak sebagai substrat dan dikatalisis oleh terpena siklase guna menghasilkan beragam senyawa C_{10} (Dalengkade dan Karwur, 2018). Huang and Osbourn, (2019) menyatakan senyawa C_{10} pada tumbuhan lazimnya mudah menguap. Jauh sebelum ungkapan mengenai penguapan C_{10} telah dibenarkan oleh Gao *et al.*, (2018) dalam penyelidikan ekspresi gen *spatiotemporal Freesia*, ditemukan 5 TPS (*Terpenoid Sintase*). Senyawa yang di kode gen TPS

berupa linalool, dan emisi C_{10} terbesar terjadi ketika *Freesia* terbentuk sempurna. Investigasi transkripsi TPS *Conifer* oleh Miller *et al.*, (2005) melaporkan 6-12 jam presentase *myrcene* yakni 10,6%-12,8%. Sedangkan 66-72 jam berikutnya menunjukkan *myrcene* mengalami penurunan presentase 6,3%-8,6% dan rerata emisi keseluruhan C_{10} dari waktu penelitian $4,8 \pm 0,9 \mu\text{g g}^{-1} \text{ dry weight h}^{-1}$ hingga $2,7 \pm 0,7 \mu\text{g g}^{-1} \text{ dry weight h}^{-1}$. Hal serupa juga ditemukan pada *Picea abies* L. Karst. Menggunakan MeJa dalam penyelidikan TDs (*Traumatic Resin Ducts*) pada *cambium, phloem, cortex*, dan *periderm* emisi C_{10} sebesar $1,651 \mu\text{g g}^{-1} \text{ dry wt}$, sedangkan pada daun $2,213 \pm 372,6 \mu\text{g g dry wt}^{-1}$ (Martin *et al.*, 2002; Martin *et al.*, 2003). Selain itu, penguapan C_{10} memainkan peran penting sebagai sinyal *attract* bagi serangga penyerbuk jantan dan betina (Huang and Osbourn, 2019). Hal tersebut sejalan dengan penyelidikan Armstrong and Drummond III, (1986) yang menemukan tiga spesies kumbang penyerbuk pada *M. fragrans* yakni *Anthicidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae*. Sama halnya dengan jenis lain *Myristica* di Srilangka juga ditemukan kumbang (Sharma and Shivanna, 2011; Sharma and Armstrong, 2013). Disamping itu, emisi C_{10} berperan sebagai pertahanan diri bagi tumbuhan dari serangan patogen (Paré and Tumlinson, 1999; Nagel *et al.*, 2014). Menyelami uraian regulasi dan evolusi terpena maka dapat diasumsikan beberapa hipotesis yaitu naiknya volume minyak karena dalam fase kedua perubahan diameter sangat cepat (produksi minyak sangat tinggi), sedangkan akumulasi penguapan C_{10} sangat rendah sampai pada titik maksimum volume minyak. Menurunnya volume minyak disebabkan oleh diameter buah mencapai titik konstan dan tingkat penguapan C_{10} sangat tinggi, sedangkan produksi minyak mencapai linier (buah yang telah matang metabolisme sekundernya sangat minim agar biji dapat berkecambah); 3) Fase ketiga dalam laporan mereka terhitung sejak buah berdiameter 4,04-4,88 cm (perubahan \pm 118 hari). Dalam penelitian ini, kurva merah pada Gambar 1 dan 3 menunjukkan buah yang berukuran diameter 4 cm memiliki volume minyak daging buah dan biji berada pada kondisi yang linier (volume minyak stabil). Berbeda dengan volume minyak *mace* (kurva merah Gambar 2) pada diameter tersebut volume minyak terus menurun.

KESIMPULAN

Menyelami kembali mengenai penjabaran hasil penelitian, maka pemanenan *M. fragrans* berdasarkan kajian volume minyak daging buah, mace, dan biji yakni pada buah berdiameter 3,24-3,86 cm. Diameter tersebut memiliki titik puncak produksi minyak *M. fragrans* berdasarkan analisis persamaan (2). Selain itu penurunan

volume minyak yakni dengan menggunakan pendekatan tanaman aromatik lainnya membuktikan bahwa, gen-gen TPS yang mengkodekan C₁₀ mengalami emisi ketika tanaman memasuki fase pembentukan sempurna pada suatu tanaman. Disamping itu, diperlukan kajian kembali tentang penggunaan model yang lain diantaranya model kuadrat dan polinomial maupun lainnya, untuk mencari titik puncak volume minyak dari daging buah, mace, serta biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aal, R.E. (2002). Comparison of algorithmic and machine learning approaches for the automatic fitting of gaussian peaks. *Neural Computing & Applications*, 11(1), 17–29.
- Abourashed, E.A., & El-Alfy, A.T. (2016). Chemical diversity and pharmacological significance of the secondary metabolites of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.). *Phytochemistry Reviews*, 15(6), 1035–1056.
- Al-Malahmeh, A.J., Al-Ajlouni, A., Wesseling, S., Soffers, A.E.M.F. Al-Subeihi, A., Kiwamoto, R., Vervoort, J., & Rietjens, I.M. C. M. (2017). Physiologically based kinetic modeling of the bioactivation of myristicin. *Archives of Toxicology*, 91(2), 713–734.
- Armstrong, J.E., & Drummond III, B.A. (1986). Floral biology of *Myristica fragrans* houtt. (*Myristicaceae*), the nutmeg of commerce. *Biotropica*, 18(1), 32.
- Bose, M., Hodges, J.S., & Banerjee, S. (2018). Toward a diagnostic toolkit for linear models with Gaussian-process distributed random effects. *Biometrics*, 74(3), 863–873.
- Bota, S.C., Gheorghies, C., Rambu, A.P., & Cantaragiu, A. (2009). Estimation of the mean grain size from the xrd spectrum. Several methods. *Annals of the "DUNĂREA DE JOS" University of Galați – Fascicle II, YEAR XXVI*, 142–148.
- Boukhatem, M. N. (2020). Scientific findings : the amazing use of essential oils and their related terpenes as natural preservatives to improve the shelf-life of food. *Food Science & Nutrition Technology*, 5(2), 1–11.
- Chatterjee, S., Niaz, Z., Gautam, S., Adhikari, S., Variyar, P.S., & Sharma, A. (2007). Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum* L.) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*). *Food Chemistry*, 101(2), 515–523.
- Cui, X.L., Wang, X.S., & Yuan, S.J. (2015). Wrinkling behavior in tube hydroforming coupled with internal and external pressure. *MATEC Web of Conferences*, 21(August), 06002.
- Dalengkade, M.N., & Karwur, F.F. (2018). Kemajuan penelitian biosintesis monoterpena dan peranan *Terpene Cyclase*: Suatu Kajian Pustaka. *Jurnal Biologi Udayana*, 22(2), 85.
- Dalengkade, M.N., & Karwur, F.F. (2020). Analisis pertumbuhan dan perkembangan buah pala (*Myristica fragrans*) menggunakan fungsi Boltzmann. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(4), 619–626.
- Du, S.S., Yang, K., Wang, C.F. You, C.X., Geng, Z.F., G, S.S., Deng, Z.W., & Liu, Z. L. (2014). Chemical constituents and activities of the essential oil from *Myristica fragrans* against cigarette beetle *Lasioderma serricorne*. *Chemistry & Biodiversity*, 11(9), 1449–1456.
- Enjilela, E., Lee, T.Y., Wisenberg, G., Teefy, P., Bagur, R., Islam, A., Hsieh, J., & So, A. (2019). Cubic-spline interpolation for sparse-view ct image reconstruction with filtered backprojection in dynamic myocardial perfusion imaging. *Tomography*, 5(3), 300–307.
- Feng, Y., Goree, J., & Liu, B. (2007). Accurate particle position measurement from images. *Review of Scientific Instruments*, 78(5), 053704.
- Gao, F., Liu, B., Li, Min., Gao, Xi., Fang, Q., Liu, C., Ding, H., Wang, L., & Gao, X. (2018). Identification and characterization of terpene synthase genes accounting for volatile terpene emissions in flowers of *Freesia hybrida*. *Journal of Experimental Botany*, 69(18), 4249–4265.
- Geha, M.J., Keown, J.F., & Vleck, L.D.V. (2011). Cubic-spline interpolation to estimate effects of inbreeding on milk yield in first lactation Holstein cows. *Genetics and Molecular Biology*, 34(3), 443–450.
- Ghorbanian, D., Ghasemi-Kasman, Maryam., Hashemian, M., Gorji, El., Gol, M., Feizi, F., Kazemi, S., Ashrafpour, M., & Moghadamnia, A.A. (2019). *Myristica fragrans* houtt extract attenuates neuronal loss and glial activation in pentylene tetrazol-induced kindling model. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 18(2), 812–825.
- Guo, H. (2011). A simple algorithm for fitting a Gaussian function [DSP Tips and Tricks]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 28(5), 134–137.
- Hagen, N., Kupinski, M., & Dereniak, E.L. (2007). Gaussian profile estimation in one dimension. *Applied Optics*, 46(22), 5374.
- Helen, P.A., Vargheese, T.A., Kumari, J.J.J., Sajina, N., & Sree, J.S. (2012). Phytochemical analysis and anticancer activity of essential oil from. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 2((November 2011-January 2012) 4), 188–198.
- Huang, A.C., & Osbourn, A. (2019). Plant terpenes that mediate below-ground interactions: prospects for bioengineering terpenoids for plant protection. *Pest Management Science*, 75(9), ps.5410.

- Jin, J., Kim, M.J., Dhandapani, S., Tjhang, J.G., Yin, J.L., Wong, L., Sarojam, R., Chua, N.H., & Jang, I.C. (2015). The floral transcriptome of ylang ylang (*Cananga odorata* var. *fruticosa*) uncovers biosynthetic pathways for volatile organic compounds and a multifunctional and novel sesquiterpene synthase. *Journal of Experimental Botany*, 66(13), 3959–3975.
- Lanari, D., Marcotullio, M.C., & Neri, A. (2018). A design of experiment approach for ionic liquid-based extraction of toxic components-minimized essential oil from *Myristica fragrans* Houtt. *Fruits. Molecules*, 23(11), 2817.
- Leong, S.Y., Ker, J.P., Jamaludin, M. Z., Nomanbhay, S.M., Ismail, A., Abdullah, F., Looe, H.M., & Lo, C K. (2018). UV-Vis Spectroscopy: A new approach for assessing the color index of transformer insulating oil. *Sensors*, 18(7), 2175.
- Limpert, E., & Stahel, W. A. (2011). Problems with using the normal distribution—and ways to improve quality and efficiency of data analysis. *PLoS ONE*, 6(7), e21403.
- Martin, D., Tholl, D., Gershenzon, J., & Bohlmann, J. (2002). Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems. *Plant Physiology*, 129(3), 1003–1018.
- Martin, D.M., Gershenzon, J., & Bohlmann, J. (2003). Induction of volatile terpene biosynthesis and diurnal emission by methyl jasmonate in foliage of Norway spruce. *Plant Physiology*, 132(3), 1586–1599.
- Matzke, D., & Wagenmakers, E.J. (2009). Psychological interpretation of the ex-Gaussian and shifted wald parameters: a diffusion model analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 798–817.
- Miller, B., Madilao, L.L., Ralph, S., & Bohlmann, J. (2005). Insect-induced conifer defense. White pine weevil and methyl jasmonate induce traumatic resinosis, de novo formed volatile emissions, and accumulation of terpenoid synthase and putative octadecanoid pathway transcripts in *Sitka spruce*. *Plant Physiology*, 137(1), 369–382.
- Morsy, N. F. S. (2016). A comparative study of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresins obtained by conventional and green extraction techniques. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3770–3777.
- Muchtaridi., Subarnas, A., Apriyantono, A., & Mustarichie, R. (2010). Identification of compounds in the essential oil of nutmeg seeds (*Myristica Fragrans* Houtt.) That inhibit locomotor activity in mice. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(11), 4771–4781.
- Nagel, R., Berasategui, A., Paetz, C., Gershenzon, Jo., & Schmidt, A. (2014). Overexpression of an isoprenyl diphosphate synthase in spruce leads to unexpected terpene diversion products that function in plant defense. *Plant Physiology*, 164(2), 555–569.
- Paré, P.W., & Tumlinson, J.H. (1999). Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant Physiology*, 121(2), 325–332.
- Piaru, S.P., Mahmud, R., Majid, A.M.S.A., Ismail, S., & Man, C.N. (2012). Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 593–597.
- Piras, Al., Rosa, A., Marongiu, B., Atzeri, A. Dessi, M.A., Falconieri, D., & Porcedda, S. (2012). Extraction and separation of volatile and fixed oils from seeds of *myristica fragrans* by supercritical CO₂: chemical composition and cytotoxic activity on caco-2 cancer cells. *Journal of Food Science*, 77(4), C448–C453.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., & Flannery, B.P. (2007). *Numerical Recipes The Art of Scientific Computing 3rd Edition* (3rd Editio). United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Rios-Esteva, Ri., Turner, G.W., Lee, J.M., Croteau, R.B., & Lange, B.M. (2008). A systems biology approach identifies the biochemical mechanisms regulating monoterpenoid essential oil composition in peppermint. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(8), 2818–2823.
- Sabry, A.H., Hasan, W.W.Z. Kadir, M.Z.A.Ab., Radzi, M.A.M., & Shafie, S. (2018). Field data-based mathematical modeling by Bode equations and vector fitting algorithm for renewable energy applications. *PLOS ONE*, 13(1), e0191478.
- Shafiei, Z., Shuhairi, N.N., Yap, N.Md.F.S., Sibungkil, C.A.H., & Latip, J. (2012). Antibacterial activity of *Myristica fragrans* against oral pathogens. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1–7.
- Sharma, M.V., & Armstrong, J.E. (2013). Pollination of *Myristica* and other nutmegs in natural populations. *Tropical Conservation Science*, 6(5), 595–607.
- Sharma, M.V., & Shivanna, K.R. (2011). Pollinators, pollination efficiency and fruiting success in a wild nutmeg, *Myristica dactyloides*. *Journal of Tropical Ecology*, 27(4), 405–412.
- Wahab, A., Haq, R.Ul., Ahmed, A., Khan, R.A., & Raza, M. (2009). Anticonvulsant activities of nutmeg oil of *Myristica fragrans*. *Phytotherapy Research*, 23(2), 153–158.

- Wilde, W. J. J. O. de. (2014). *Flora Malesiana Flora Malesiana. Series I, Seed plants. Volume 14: Myristicaceae.* (W. J. J. O. de Wilde (ed.); Vol. 14). Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden branch, PO Box 9514, 2300 RA Leiden, Netherlands.
- Zhang, W.K., Tao, S.S., Li, T.T., Li, Y.S., Li, X.J., Tang, H.B., Cong, R.H., Ma, F.L., & Wan, C.J. (2016). Nutmeg oil alleviates chronic inflammatory pain through inhibition of COX-2 expression and substance P release in vivo. *Food & Nutrition Research*, 60(1), 30849.
- Zhao, Q., Zhang, J.L., & Li, F. (2018). Application of metabolomics in the study of natural products. *Natural Products and Bioprospecting*, 8(4), 321–334.