

ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN BUAH PALA (*Myristica fragrans*) MENGGUNAKAN FUNGSI BOLTZMANN

Analysis of Nutmeg (Myristica fragrans) Fruit Growth and Development using Boltzmann Function

Mario Nikolaus Dalengkade^{1,2*}, Ferry Fredy Karwur^{3*}

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

²Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, 50711, Indonesia

³Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, 50711, Indonesia

e-mail: ^{1*} mariodalengkade@gmail.com ; ² ferry.karwur@staff.uksw.edu
Corresponding author*

Abstrak

Buah yang berasal dari *Myristica fragrans* merupakan sumber minyak atsiri dengan nilai ekonomi tinggi. Penelitian mengenai buah *M. fragrans* selama ini hanya memfokuskan pada indentifikasi senyawa bioaktif, penerapannya, dan *yield*-nya. Tapi penyelidikan mengenai perubahan fisik yakni diameter buah belum ada pengkajian. Sehingga dalam penelitian ini memfokuskan pada perubahan diameter buah menggunakan fungsi Boltzmann $y = \frac{A_1 + A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$, penggunaan fungsi yang dimaksud menunjukkan luaran berupa garfik sigmoid semilogaritma. Garfik tersebut mencirikan tiga fase perubahan kumulatif diameter buah yaitu fase *lag*, *logaritma*, dan *stasioner*. Disamping itu, analisis regresi menunjukkan dalam selang dua minggu perubahan diameter buah yakni 0,510 cm.

Kata Kunci : Fungsi Boltzmann, *Myristica fragrans*, Sigmoid, Diameter.

Abstract

Myristica fragrans fruit is a source of essential oil with high economic value. Research on *M. fragrans* fruit so far has only focused on identifying bioactive compounds, application, and yields. But the investigation of physical changes namely the diameter of the fruit has not been assessed. So that in this study focuses on changes in fruit diameter using the Boltzmann function $y = \frac{A_1 + A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$, the use of the function in question shows the output in the form of a sigmoid garfic semilogarithms. Graph characterizes three phases of the cumulative change in fruit diameter, is lag, logarithmic, and stationary phases. In addition, the regression analysis showed that within two weeks the change in fruit diameter was 0.510 cm.

Keywords: Boltzmann Function, *Myristica fragrans*, Sigmoid, Diameter.

Submitted: 06th February 2020

Accepted: 27th November 2020

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Myristica fragrans merupakan tanaman penghasil minyak atsiri [1]. Salah satu bagian dari *M. fragrans* yang menghasilkan minyak tersebut yakni buah [2]. Dalam dunia tumbuhan, buah merupakan hasil peleburan sel telur jantan dan betina kemudian berkembang menjadi buah [3]. Prediksi secara akurat sebuah fenomena perubahan fisis (pertumbuhan/perkembangan buah) dapat dijelaskan menggunakan fungsi matematika. Peneliti terdahulu [4] melaporkan bahwa penggunaan diferensial mampu menggambarkan perubahan dalam dimensi satu. Sebagai contoh $\partial X/\partial t$ menjelaskan perubahan rerata pertumbuhan, begitupula dengan $\partial X/\partial x$ menyatakan rasio pertumbuhannya. Persamaan lain yang dapat menjelaskan sampai ke tingkat enzim (berguna sebagai substrat untuk mempercepat pertumbuhan) yakni menggunakan fungsi Boltzmann [5]. Dalam [6] mengemukakan distribusi Boltzmann untuk banyaknya fraksi j yang memiliki tingkatan energi ε_j dinyatakan dengan Persamaan (1):

$$\frac{N_j}{N} = \frac{e^{-\varepsilon_j/kT}}{\sum_{j=1}^{N_j} e^{-\varepsilon_j/kT}} = \frac{e^{-\varepsilon_j/kT}}{\zeta(T)} \quad (1)$$

Dengan kT yakni konstanta Boltzmann dan $\zeta(T)$ merupakan fungsi partisi. Apabila terdapat dua tingkatan energi dari Persamaan (1) untuk N_0 dalam tingkatan energi ε_0 dan N_1 dalam tingkatan energi ε_1 maka dapat diprediksikan rasio energi oleh Persamaan (2):

$$\frac{N_1}{N_0} = e^{-(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)/kT} \quad (2)$$

Persamaan (1), ε_j bermakna banyaknya suatu tingkatan energi, sehingga Persamaan (1) dapat ditulis kembali menjadi Persamaan (3):

$$\frac{N_j}{N} = \frac{g_j e^{-\varepsilon_j/kT}}{\sum_{j=1}^{N_j} g_j e^{-\varepsilon_j/kT}} \quad (3)$$

Dengan makna lain Persamaan (3) merepresentasikan probabilitas pada suatu keadaan suhu tertentu atau disebut dengan faktor Boltzmann yang mengikuti kaidah statistik Maxwell-Boltzmann [7], [8]. Persamaan umum distribusi Boltzmann yakni terkait dengan energi kinetik adalah:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} N_j \varepsilon_j}{\sum_{j=1}^{N_j} N_j} = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} \varepsilon_j g_j e^{-\varepsilon_j/kT}}{\sum_{j=1}^{N_j} g_j e^{-\varepsilon_j/kT}} = kT^2 \left(\frac{\partial \ln \zeta}{\partial T} \right)_v \quad (4)$$

Ungkapan Persamaan (4) yakni ketika terjadi interaksi molekul, maka sistem harus mencangkup fungsi jarak antar molekul potensial $U(r_{ij})$ [8]. Sehingga Persamaan (1) berdasarkan *ensemble* dapat ditulis kembali menjadi Persamaan (5):

$$p_j = \frac{N_j}{N} = \frac{e^{-E_j/kT}}{\sum_{j=1}^{N_j} e^{-E_j/kT}} = \frac{e^{-E_j/kT}}{Z(T)} \quad (5)$$

Dengan $E_j = \frac{1}{2}mv^2 + U_j$; m = massa partikel, v = kecepatan, dan U_j = energi potensial. Apabila pada Persamaan (5) terdapat dua kemungkinan sehingga dituliskan sebagai:

$$\frac{p_1}{p_1 + p_2} = \frac{e^{-E_1/kT}}{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}} \Rightarrow p_1 = \frac{1}{1 + e^{-(E_2 - E_1)/kT}} \quad (6)$$

Selain itu penelitian dari [9] menganalisis perbedaan potensial listrik pada membran *cell*, maka Persamaan (6) dapat dinyatakan kedalam Persamaan (7):

$$B = \frac{1}{1 + e^{-(V_2 - V_1)/T}} \quad (7)$$

Pertama kali Persamaan (6) digunakan oleh [10], [11] untuk menghitung elektrofisiologi membran potensial dan membran listrik. Sehingga Persamaan (6) dimodifikasi menjadi:

$$B \left(V \left| \frac{V_1}{2}, k \right. \right) = \frac{1}{1 + e^{-(V - V_{1/2})/k}} \quad (8)$$

Persamaan (8) oleh [10] dimodifikasi lagi untuk menghitung distribusi kesetimbangan trans membran dari partikel yang bermuatan menjadi:

$$h_{steady\ state} = \frac{1}{1 + e^{-(V - V_h)/7}} \quad (9)$$

Persamaan (9) memaparkan fungsi matematik untuk menghitung nilai potensial batas trans membran dan memunculkan hipotesis bagaimana menentukan sifat partikel Na^+ yang memicu K^+ dalam rangkaian listrik, sehingga Persamaan (9) disusun kembali menjadi persamaan baru yakni:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(w + Z\varepsilon E)/kT}} \quad (10)$$

Dengan E = potensial trans membran, w = molekul yang bergerak ke arah membran, Z = valensi molekul, dan ε = nilai absolut dari muatan elektron. Hasil penelitian menggunakan Persamaan (7)-(10) yakni terdapat kesamaan dimana luaran grafik berbentuk eksponensial. Peneliti terdahulu [12]-[14] menganalisis kasus perkembangan tanaman menggunakan persamaan matematik yang berbeda dengan Persamaan (6)-(10). Hasil penelitian tersebut menunjukkan luaran grafik eksponensial.

Menelaah kembali mengenai proses perkembangan buah *M. fragrans* di awal paragraf pertama, dimana buah merupakan hasil peleburan sel telur, dan terus mengalami perubahan diameter seiring lamanya waktu perkembangan mengindikasikan perubahan secara eksponensial. Sedangkan penggunaan Persamaan (6) dan modifikasinya (Persamaan 7-9) menunjukkan grafik yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa dengan modifikasi Persamaan (6) memungkinkan menganalisis perubahan fisis (perubahan diameter terhadap waktu) dari buah *M. fragrans*. Disamping itu pentingnya penelitian ini, karena peneliti sebelumnya seperti [15] hanya melaporkan kandungan senyawa bioaktif. Begitu pula [16]-[18] hanya melaporkan penerapan senyawa bioaktif. Tapi [19] menyatakan *yield* minyak atsiri buah *M. fragrans* yakni pada umur tiga bulan dengan rendemen 15%, umur enam hingga tujuh bulan rendemen 10-11%, dan umur sepuluh bulan redemen 6-7%. Mengacu dari *yield* tersebut, maka diperlukan suatu informasi yang tepat mengenai strata perubahan kumulatif diameter buah *M. fragrans*, sehingga hasil penelitian ini menjadi informasi yang penting bagi masyarakat luas terlebih khusus para petani *M. fragrans*.

2. METODE PENELITIAN

Deskripsi variabel dan hubungan antar variabel dalam penelitian ini didasarkan pada model matematik. Data penelitian merupakan hasil pengukuran diameter (cm) buah *M. fragrans* untuk variabel y menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm. Pengukuran diameter buah yakni pada setiap selang interval waktu (x) dua minggu. Sedangkan lokasi penelitian di KPTT (Kursus Pertanian Taman Tani) Salatiga, terhitung sejak 8 Januari 2017 hingga 25 Juni 2017. Untuk menentukan model matematik dari data lapangan digunakan prosedur sebagai berikut:

1. Penetapan pasangan data untuk mengkonstruksi model awal meliputi:
 - a. Perhitungan rerata diameter buah *M. fragrans*.
 - b. Pembuatan grafik rerata guna melihat pola data awal.
 - c. Melakukan interpolasi pada data rerata diameter buah *M. fragrans*.
2. Penetapan model untuk menganalisis perkembangan buah. Analisis perubahan diameter buah *M. fragrans* yakni menggunakan fungsi Boltzmann [5]:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2 \quad (11)$$

dengan A_1 = nilai minimum, A_2 = nilai maksimum, x_0 = titik tengah, dan dx = konstanta waktu.

3. Perubahan diameter buah *M. fragrans*. Pengujian Perubahan tersebut menggunakan persamaan regresi linier [20], [21] dalam bentuk matriks ditulis ke dalam Persamaan (12):

$$\begin{pmatrix} n & \Sigma X \\ \Sigma X & \Sigma X^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma Y \\ \Sigma XY \end{pmatrix} \quad (12)$$

dengan:

$$a = \frac{\det A_1}{\det A} \quad (13)$$

$$b = \frac{\det A_2}{\det A} \quad (14)$$

$$A = \begin{pmatrix} n & \Sigma X \\ \Sigma X & \Sigma X^2 \end{pmatrix} A_1 = \begin{pmatrix} \Sigma Y & \Sigma X \\ \Sigma XY & \Sigma X^2 \end{pmatrix} A_2 = \begin{pmatrix} \Sigma n & \Sigma Y \\ \Sigma X & \Sigma XY \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$\det A = (n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma X) \quad (16)$$

$$\det A_1 = (\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY) \quad (17)$$

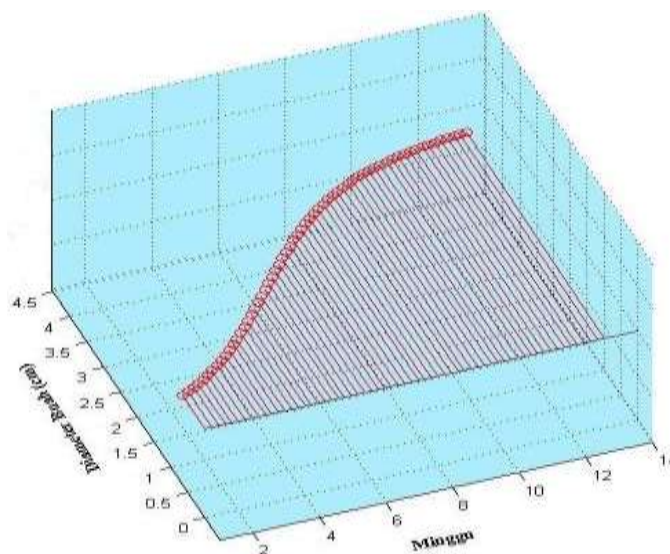
$$\det A_2 = (n)(\Sigma XY) - (\Sigma Y)(\Sigma X) \quad (18)$$

dengan y = diameter, x = minggu (waktu), a = intersep/konstanta, dan b = slop.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan Perkembangan Buah *Myristica fragrans*

Merunut dari prosedur seperti yang diuraikan dalam metode penelitian, dihasilkan grafik perubahan diameter buah *M. fragrans* terhadap waktu berdasarkan Persamaan (11) dipaparkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perkembangan Buah *Myristica fragrans*.

Luaran yang ditunjukkan oleh Gambar 1 merupakan grafik sigmoid (grafik bentuk S). Grafik tersebut memperlihatkan perubahan dalam dimensi satu (perubahan ukuran kumulatif diameter buah *M. fragrans*

sebagai fungsi dari waktu), dan dalam grafik tersebut terdapat tiga fase perubahan. 1) Fase awal disebut dengan fase *lag* yakni terhitung sejak minggu pertama 0,63 cm hingga minggu ke tiga 1,28 cm. Fase *lag* mengindikasikan perlambatan perubahan diameter buah *M. fragrans*, kemudian berangsur-angsur mengalami perubahan diameter. 2) Fase logaritma/eksponensial merupakan periode perubahan diameter buah *M. fragrans* yang terjadi secara cepat. Hal ini terlihat dari grafik (Gambar 1) yakni 1,73 cm sejak minggu ke empat sampai minggu ke sebelas sebesar 3,99 cm. 3) Fase *stasioner* merupakan fase dimana tidak terjadinya perubahan diameter buah *M. fragrans*, karena dalam fase ini buah sudah mencapai massa pematangan terhitung sejak minggu ke dua belas yakni 4,04 cm hingga minggu ke tiga belas sebesar 4,04 cm. Persamaan (11) menurut dari [22] dalam bentuk diferensial yakni ditunjukkan dalam Persamaan (19):

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(A_2 - A_1)e^{x-x_0/\Delta x}}{\Delta x(1 + e^{x-x_0/\Delta x})^2} \quad (19)$$

Mengacu dari persamaan (19) untuk penelitian ini, y merupakan variabel yang bergantung pada perubahan waktu. Sedangkan A_1 dan A_2 merupakan nilai minimum (0,63 cm), serta maksimum (4,04 cm). Selain itu dx memperlihatkan kemiringan grafik (Gambar 1), harga x_0 menggambarkan harga sumbu x pada sumbu y yang sama dengan $(Y_1 + Y_2)/2$. Disamping itu, hasil penelitian ini mempertegas penerapan fungsi Boltzmann dalam bidang biologi terutama dalam pengukuran perubahan parameter fisik yakni diameter buah *M. fragrans*. Merujuk dari [5] fungsi Boltzmann dapat digunakan dalam menganalisis suatu reaksi kinematika enzim (perubahan kecepatan reaksi enzim) sebagaimana yang telah diuraikan secara mendetail oleh Dalengkade dan Karwur [1].

3.2. Respon Perubahan Diameter Buah *Myristica fragrans*

Pengujian data penelitian menggunakan regresi linier Persamaan (12) seperti yang tertuang dalam metode penelitian diperlihatkan di bawah ini.

$$\begin{pmatrix} 13 & 91 \\ 91 & 819 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 35,41 \\ 305,42 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 13 & 91 \\ 91 & 819 \end{pmatrix}, A_1 = \begin{pmatrix} 35,41 & 91 \\ 305,42 & 819 \end{pmatrix}, A_2 = \begin{pmatrix} 13 & 35,41 \\ 91 & 305,42 \end{pmatrix}$$

$$\det A = (13)(819) - (91)(91) = 2366$$

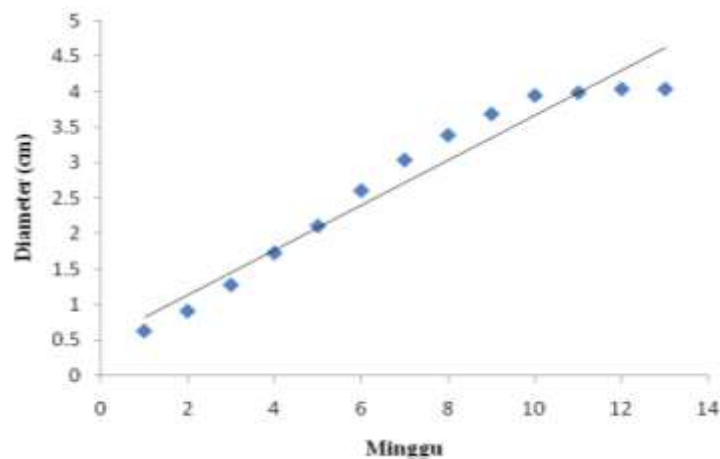
$$\det A_1 = (35,41)(819) - (91)(305,42) = 1207,57$$

$$\det A_2 = (13)(305,42) - (35,41)(91) = 748,15$$

Mengacu pada Persamaan (13) didapatkan harga intersep dan slop yakni $a = 1207,57/2366 = 0,510$ serta $b = 748,15/2366 = 0,316$. Maka persamaan regresi linier $y = a + bx$ dapat ditulis menjadi:

$$y = 0,510 + 0,316x \quad (20)$$

Luaran fungsi semata persamaan regresi linier (Persamaan 20) memiliki kesamaan dengan kajian terdahulu oleh [23] untuk ke tujuh model yakni secara berturut-turut *Truncated expolinear* ($y = 1,062 + 0,969x$), *Symmetrical expolinear* ($y = 0,669 + 0,978x$), *logistic* ($y = 0,860 + 0,974x$), *Richards* ($y = 0,968 + 0,972x$), *Gompertz* ($y = 0,296 + 0,988x$), *Weibull* ($y = -0,053 + 0,997x$), dan *Beta* ($y = 0,294 + 0,988x$). Fungsi regresi linier dari respon perubahan diameter buah *M. fragrans* Persamaan (20), dalam bentuk grafik yakni divisualisasikan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Linier dari Persamaanya = $0,510 + 0,316x$.

Gambar 2 menunjukkan harga intersep dan koefisien regresi (Persamaan 20), sedangkan analisis harga *p-value* yakni 1,964. Dimana harga koefisien regresi bernilai positif memperlihatkan arah pengaruh positif. Hal ini mengartikan terjadi perubahan diameter buah *M. fragrans* dalam tiap selang waktu, atau dengan kata lain setiap dua minggu terjadi perubahan diameter buah *M. fragrans* yakni 0,510 cm. Sedangkan analisis koefisien determinasi (R^2) yakni 0,948 memaknai sumbangan lamanya waktu mempengaruhi perubahan diameter buah *M. fragrans* sebesar 94,8% dan sisanya 5,2% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Harga R^2 dalam penelitian ini, berbanding terbalik dengan hasil peneliti terdahulu [23] dimana mereka menggunakan tujuh model untuk mencari hubungan perubahan genotip (*Triticum aestivum* L) terhadap suhu yaitu *Truncated expolinear* ($R^2 = 0,971$), *Symmetrical expolinear* ($R^2 = 0,975$), *logistic* ($R^2 = 0,973$), *Richards* ($R^2 = 0,974$), *Gompertz* ($R^2 = 0,970$), *Weibull* ($R^2 = 0,972$), dan *Beta* ($R^2 = 0,973$). Harga R^2 dari tujuh model tersebut yakni perubahan genotip *Triticum aestivum* L dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dalam hal ini suhu.

Meskipun penggunaan Persamaan (11) mampu memberikan informasi mengenai perubahan diameter buah *M. fragrans* yang diwakilkan oleh tiga fase perubahan, begitu pula penggunaan Persamaan (12) menginformasikan perubahan diameter buah *M. fragrans* sebesar 0,510 cm setiap interval dua minggu pengukuran seperti yang diperlihatkan Gambar 2. Tapi diperlukan suatu kajian lanjutan mengenai pemodelan warna tampak pada *mace*, karena kenyataannya mengalami degradasi warna tampak yang mana mulanya putih kemudian menjadi merah seiring dengan perubahan diameter buah *M. fragrans*. Menerapkan teori Munsell [24]-[26] berhasil memodelkan degradasi warna tampak pada *Acersaccharum* Marsh, sehingga memungkinkan teori tersebut diterapkan dalam memodelkan degradasi *mace* *M. fragrans*.

4. KESIMPULAN

Penerapan fungsi Boltzmann dalam menganalisis perubahan variabel diameter buah *M. fragrans* yang telah diuraikan di atas, menghasilkan suatu informasi yang aktual. Informasi yang dimaksud yakni luaran penelitian berupa grafik sigmoid semilogaritma, dimana grafik tersebut memberikan harga minimum 0,63 cm dan maksimum 4,04 cm untuk variabel diameter buah *M. fragrans*. Harga tersebut mewakili setiap perubahan dalam dimensi waktu. Adapun luaran grafik tersebut yakni menginformasikan mengenai ketiga fase perubahan kumulatif diameter buah *M. fragrans*. Fase yang dimaksud yakni fase *lag*, logaritma/eksponen, dan terakhir *stasioner*. Ketiga informasi fase tersebut sangat berguna bagi para peneliti di bidang kimia organik. Dimana dengan informasi ketiga fase tersebut menjadi dasar untuk pemetaan senyawa bioaktif. Disamping itu pengujian korelasi menunjukkan perubahan diameter buah *M. fragrans* 0,510 cm untuk setiap interval waktu dua minggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis kepada KEMENDIKBUD melalui program beasiswa unggulan (BU) guna menyelesaikan jenjang pendidikan S-2 Biologi di Universitas Kristen Satya Wacana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Dalengkade and F. F. Karwur, "Kemajuan Penelitian Biosintesis Monoterpena dan Peranan *Terpene Cyclase*: Suatu Kajian Pustaka," *Jurnal Biologi Udayana*, vol. 22, no. 2, pp. 85-90, December 2018.
- [2] W. J. J. O. de Wilde, *Flora Malesiana: Series I-Seed Plants*. Netherlands: Nationaal Herbarium Nederland, 2000.
- [3] G. Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2005.
- [4] P. Salamon, A. List, Jr and P. S. Grenetz, "Mathematical Analysis of Plant Growth: *Zea mays* Primary Roots," *Plant Physiol*, vol. 51, no. 4, pp. 635-640, April 1973.
- [5] C. Sevcik, "Caveat On The Boltzmann Distribution Function Use In Biology," *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol. 127, no. 4, pp. 33-42, April 2017.
- [6] W. J. Moore, *Physical Chemistry*. London: Longman Group Limited, 1962.
- [7] L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Statistical Physics*. Translated From The Russian by J. B. Sykes, M. J. Kearsley. New York: Pergamon Press, 1969.
- [8] E. A. Guggenheim, *Boltzmann Distribution Law*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1955.
- [9] S. Peigneur, C. Sevcik, J. Tytgat, C. Castillo and G. D'Suze, "Subtype Specificity Interaction Of Bactridines With Mammalian, Insect And Bacterial Sodium Channels Under Voltage Clamp Conditions," *Journal FEBS*, vol. 279, no. 21, pp. 4025-4038, August 2012.
- [10] A. L. Hodgkin and A. F. Huxley, "The Dual Effect Of Membrane Potential On Sodium Conductance In The Giant Axon Of Lologo," *Journal Physiol*, vol. 116, no. 4, pp. 497-506, October 1952.
- [11] A. L. Hodgkin and A. F. Huxley, "A Quantitative Description Of Membrane Current And Its Application To Conduction And Excitation In Nerve," *Journal Physiol*, vol. 117, no. 4, pp. 500-544, March 1952.
- [12] L. E. D. O. Aparecido, R. B. Ferreira, G. D. S. Rolim, B. S. D. Souza and P. S. D. Souza, "Nonlinear Agrometeorological Models For Estimating Lychee Fruit Growth," *Rev. Bras. Frutic*, vol. 39, no. 2, pp. 1-14, May 2016.
- [13] M. L. Roderick, "On The Measurement Of Growth With Applications To The Modelling And Analysis Of Plant Growth," *Functional Ecology*, vol. 14, no. 2, pp. 244-251, September 1999.
- [14] F. H. Whitehead and P. J. Myerscough, "Growth Analysis Of Plants. The Ratio of Mean Relative Growth Rate To Mean Relative Rate of Leaf Area Increase," *New Phytologist*, vol. 61, no. 3, pp. 314-321, October 1962.
- [15] I. Matulyte, M. Marksa, L. Ivanauskas, Z. Kalveniene, R. Lazauskas and J. Bernatoniene, "GC-MS Analysis Of The Composition Of The Extracts and Essential Oil from *Myristica fragrans* Seeds Using Magnesium Aluminometasilicate As Excipient," *Molecules*, vol. 24, no. 6, pp. 1-12, March 2019.
- [16] S. Balakrishnan, K. S. Ibrahim, S. Duraisamy, I. Sivaji, S. Kandasamy, A. Kumarasamy and N. S. Kumar, "Antiquorum Sensing And AntibioFilm Potential Of Biosynthesized Silver Nanoparticles Of *Myristica fragrans* Seed Extract Against MDR Salmonella Enterica Serovar Typhi Isolates From Asymptomatic Typhoid Carriers And Typhoid Patients," *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07169-5>.
- [17] Y. Vangoori, A. Dakshinamoorthi and S. Kavimani, "Prominent Pancreatic Lipase Inhibition and Free Radical Scavenging Activity Of *Myristica fragrans* Ethanolic Extract In Vitro. Potential Role In Obesity Treatment," *Maedica*, vol. 14, no. 3, pp. 254-259, September 2019.
- [18] A. Pashapoor, S. Mashhadryafie and Pejman Mortazavi, "Ameliorative Effect Of *Myristica fragrans* (nutmeg) Extract On Oxidative Status And Histology Of Pancreas In Alloxan Induced Diabetic Rats," *Folia Morphologica*, May 2019, Doi: 10.5603/FM.a2019.0052.
- [19] Redaksi Trubus, *Minyak Asiri: Vol 7*. Wisma Hijau, Jln. Raya Bogor Km 30 Mekarsari, Ciamis, Depok, PT Trubus Swadaya, 2009.
- [20] A. M. Brown, "A Step-By-Step Guide To Non-Linear Regression Analysis Of Experimental Data Using A Microsoft Excel Spreadsheet," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 65, no. 2001, pp. 191-200, June 2001.
- [21] R. J. Barlow, *Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences*, New York: John Wiley and Sons Ltd, 1989.
- [22] M. Rahaman, A. Aldalbahi, P. Govindasami, N. P. Khanam, S. Bhandari, P. Feng and T. Altalhi, "A New Insight In Determining The Percolation Threshold Of Electrical Conductivity For Extrinsicly Conducting Polymer Composites Through Different Sigmoidal Models," *Polymers*, vol. 9, no. 10, pp. 1-17, October 2017.
- [23] X. Yin, J. Goudrian, E. A. Lantinga, J. Vos and H. J. Spiertz, "A Flexibel Sigmoid Function Of Determinate Growth," *Annals of Botany*, vol. 91, no. 6, pp. 361-371, December 2003.
- [24] P. F. Murakami, M. R. Turner, A. K. van den Berg and P. G. Schaberg, "An Instructional Guide For Leaf Color Analysis Using Digital Imaging Software," *General Technical Report*, <https://doi.org/10.2737/NE-GTR-327>.
- [25] TS. Cochrane, "The Munsell Color System: A Scientific Compromise From The World Of Art," *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 47, no. 4, pp. 26-41, June 2014.
- [26] D. H. Voss, "Relating Colorimeter Measurement Of Plant Color To The Royal Horticultural Society Colour Chart," *Hort Science*, vol. 27, no. 12, pp. 1256-1260, December 1992.

