

RESEARCH PAPER

**Formulasi Inokulan Biosintetik dan Pembinaan Model Statistik Verhulst**  
*The Formulation of Biosynthetic Inoculant and Development of Verhulst's Statistical Model*

Zulkifley Mohamed<sup>1\*</sup>, Haniza Hanim Mohd Zain<sup>2</sup>, Ilyas Md Isa<sup>3</sup>, Husni Ibrahim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

\*Corresponding author: zulkifley@fsm.upsi.edu.my

Received: 18 September 2018; Accepted: 5 December 2018; Published: 15 December 2018

**Abstrak**

Penyelidikan yang dilakukan bertujuan mensintesis, mengformulasi dan menilai inokulan biosintetik bagi penghasilan resin gaharu. Bagi mengformulasi inokulan biosintetik, beberapa bahan digunakan termasuklah madu lebah, susu segar, sukros, air kelapa, dan kulat *Fusarium solani* yang diadun dengan menggunakan sukatan tertentu. Inokulan biosintetik diformulasi di makmal Biologi, Fakulti Sains dan Matematik, UPSI. Inokulan biosintetik yang diformulasi diuji terhadap tujuh batang pokok gaharu di Slim River, Perak dengan teknik suntikan lubang bor, suntikan titisan mata, dan sapuan. Hasil resin gaharu dituai dalam tempoh enam bulan dari tarikh suntikan. Sampel resin gaharu dipungut diuji di makmal Kimia, FSM, UPSI. Kualiti resin gaharu dianalisis dengan teknik Kromatografi Gas-Spektrometri Jisim (GCMS). Parameter kualiti resin gaharu yang diamati adalah warna dan keharuman. Manakala populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik dianggar dengan menggunakan model statistik Verhulst. Dapatan penyelidikan menunjukkan bahawa inokulan biosintetik yang diformulasi berjaya menghasilkan resin gaharu dalam jangka masa enam bulan dengan teknik suntikan lubang bor dan titisan mata. Model statistik Verhulst populasi *Fusarium solani* pada masa ( $t$ ) yang dibina adalah  $x(t) = k / (1 + (k/x_0 - 1)e^{-rt})$ . Kesimpulannya, penyelidikan ini berjaya mengformulasi inokulan biosintetik dan membina model statistik Verhulst bagi menganggar populasi *Fusarium solani*. Implikasi daripada penyelidikan ini adalah inokulan biosintetik yang terformulasi sesuai digunakan dalam penghasilan resin gaharu dan boleh dikomersialkan.

**Kata kunci:** Inokulan biosintetik, model statistik Verhulst

**Abstract**

The research aimed at synthesizing, formulating and evaluating biosynthetic inoculant in producing of agarwood resins. In order to formulate biosynthetic inoculant, some of the ingredients used include bee honey, fresh milk, sucrose, coconut water, and *Fusarium solanium* fungus which were mixed at a certain measurement level. The biosynthetic inoculant was formulated in Biology laboratory, Faculty of Science and Mathematics, UPSI. The formulated inoculant was tested on seven agarwood trees in Slim River, Perak using hole drilling, eye drop injection techniques, and wiping. The agarwood resin was harvested six months after the injection process. The sample of agarwood resin was tested in Chemistry laboratory, Faculty of Science and Mathematics, UPSI. The quality of the agarwood resin was analyzed using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS) technique. The quality parameters of the agarwood resin that were observed were the color and fragrance. The *Fusarium solani* population of biosynthetic inoculant was estimated using Verhulst's statistical model. The research findings revealed that the formulated biosynthetic inoculation successfully produced agarwood resin within a period of six months with hole drilling and eye drops injection techniques. The Verhulst's statistical model of the *Fusarium solani* population at time ( $t$ ) was developed as

$x(t) = k / (1 + (k/x_0 - 1)e^{-rt})$ . In conclusion, the research was successful in formulating biosynthetic inoculant and developed Verhulst's statistical model in estimating *Fusarium solani* population. The implications of this research were that the formulated biosynthetic inoculant is apposite in producing agarwood resin and therefore can be commercialized.

**Keywords:** Biosynthetic inoculant, Verhulst's statistical model

## PENGENALAN

Kualiti penghasilan resin gaharu berdasarkan inokulan sedang hangat diperkatakan (Mega et al., 2012). Kebanyakan resin gaharu dapat dihasilkan dalam jangka masa 1 hingga 2 tahun. Ini bergantung kepada kualiti inokulan dan kualiti resin gaharu yang dihasilkan (Dudi Iskandar & Ahmad Suhendra, 2013). Walaubagaimanapun tiada kajian spesifik yang membincangkan jangka masa eksperimen dan kualiti inokulan berdasarkan model statistik. Penyelidikan yang dilakukan bertujuan mensintesis, mengformulasi dan membina model statistik Verhulst bagi menganggar populasi bahan utama inokulan biosintetik untuk penghasilan resin gaharu.

Pembentukan gaharu secara semula jadi daripada pokok gaharu mengambil masa puluhan tahun. Berdasarkan permintaan produk gaharu yang tinggi, banyak penyelidikan telah dilakukan seluruh dunia bagi menghasilkan bahan pembentukan gaharu supaya proses pembentukan menjadi singkat dengan beberapa teknologi yang melibatkan penggunaan bahan kimia dan mikrob. Menurut Herawati et al. (2013), pembentukan resin gaharu daripada inokulan amat memberangsang dan proses kejadian resin gaharu adalah singkat.

Penyelidikan yang dilakukan telah banyak menghasilkan bahan pembentukan gaharu berasaskan bahan kimia dan mikrob yang dikenali sebagai inokulan (Esti Wulandar, 2009). Penggunaan inokulan hanya mengambil masa 1-2 tahun bagi menghasilkan resin gaharu daripada pokok gaharu yang matang berumur 5-7 tahun atau berdiameter sekurang-kurangnya 15 cm (Dudi Iskandar & Ahmad Suhendra, 2013). Harga inokulan yang terdapat dipasaran adalah terlalu tinggi iaitu antara RM150 hingga RM400 per liter dengan kualiti yang tidak terjamin (Sri Suharti et al., 2011). Bagi mengatasi masalah ini, inokulan biosintetik adalah diperlukan bagi mengisi ruang pasaran yang luas. Penghasilan inokulan biosintetik yang diformulasi perlu diuji keberkesannya agar dakwaan yang dibuat dapat menyakinkan penggunaan. Justeru penyelidikan ini dilakukan bagi mengformulasi inokulan biosintetik dan menganalisis kandungan resin gaharu yang terhasil daripada inokulan biosintetik yang digunakan. Bahan utama bagi penghasilan inokulan biosintetik antaranya adalah *Fusarium solani*.

*Fusarium solani* adalah salah satu kulat berfilamen yang banyak ditemui pada tanaman dan tanah. *Fusarium solani* dicirikan dengan struktur miselium bercabang, hialin, dan bersekat (septat) berdiameter 2-4  $\mu\text{m}$ . Kulat ini memiliki struktur fialid yang berupa monofialid ataupun polifialid dan berbentuk soliter (Summerell et al., 2010).

Bagi tujuan penganggaran populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik, model statistik Verhulst yang digunakan akan memperkukuh hujah tentang kesignifikan parameter dalam mengformulasi inokulan biosintetik.

Penghasilan resin gaharu menggunakan pelbagai kaedah yang boleh dibahagikan kepada kaedah biologi, fizikal dan kimia (Agus Winarsih et al., 2014). Kaedah fizikal menghasilkan pulangan rendah dan memerlukan jangka masa yang lama. Manakala kaedah biologi menghasilkan pulangan beragam bergantung kepada jenis inokulan yang digunakan. Kebanyakan penghasilan inokulan gaharu dipelopori oleh negara Indonesia,

Thailand, Vietnam, Cambodia, India dan China (Siran & Turjaman, 2010). Inokulan gaharu yang dihasilkan dijual dengan harga yang mahal berbanding dengan kos pembuatan. Penyelidikan yang dijalankan mensintesis dan mengformulasi inokulan biosintetik. Seterusnya bagi membuktikan kesignifikanan parameter dalam mengformulasi inokulan biosintetik, satu model statistik dibangunkan berdasarkan model statistik Verhulst (Brilhante et al., 2012) bagi menganggar populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik. Oleh itu objektif penyelidikan ini adalah untuk mensintesis dan mengformulasi inokulan biosintetik bagi penghasilan resin gaharu dan membina model statistik Verhulst bagi menganggar populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik untuk penghasilan resin gaharu.

## **METODOLOGI**

### **Formulasi Inokulan Biosintetik**

Bagi mengformulasi inokulan biosintetik bahan utama yang digunakan adalah *Fusarium solani*. *Fusarium solani* dibiakkan dalam 1000 ml medium pembiakan selama dua minggu dikenali sebagai cecair asas. Sebanyak 100 ml cecair asas kemudiannya dibiakkan ke dalam 900 ml cecair aktif selama dua minggu. Proses pembiakan dilakukan di makmal Biologi, Fakulti Sains dan Matematik, UPSI. Inokulan biosintetik diuji tindak balasnya bagi tempoh setahun terhadap 7 batang pokok gaharu berumur 7-8 tahun dan disuntik menggunakan suntikan lubang bor dan titis mata dengan teknik spiral, silang dan rawak di Slim River, Perak. Sampel resin gaharu dipungut setiap dua bulan selama 12 bulan.

### **Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Jisim (GCMS) Ekstrak Gaharu**

Peralatan GCMS model Agilent 7890A digunakan bagi menganalisis ekstrak gaharu. Ekstrak fitokimia dilakukan dengan menggunakan beberapa pelarut seperti heksana, etanol, metanol dan air mengikut kaedah Markham et al. (1996). Sebanyak 10  $\mu$ L hasil ekstrak bagi setiap larutan disuntik ke dalam turus tidak berkutub bagi menentukan komponen kimia yang terdapat di dalam resin gaharu.

### **Suntikan Lubang Bor Pokok Gaharu**

Suntikan lubang bor dilakukan dengan menggerudi lubang pada pokok gaharu dengan kedalaman 1/3 daripada diameter pokok bertujuan membekalkan campuran inokulan kepada xilem pokok. Apabila xilem menyerap campuran inokulan akan menyebabkan pokok mengalami tekanan dan mengeluarkan resin gaharu. Kuantiti campuran inokulan yang digunakan berdasarkan saiz pokok. Sebanyak dua liter campuran inokulan digunakan bagi pokok berdiameter 100 cm (DBH-diameter of breast height) dengan tambahan satu liter bagi tambahan 50 cm saiz diameter pokok. Sekurang-kurangnya dua lubang bor diperlukan bagi suntikan pokok berdiameter 100 cm. Ketinggian suntikan daripada tanah adalah 50 cm (Yang et al., 2014). Suntikan lubang bor yang dilakukan dalam penyelidikan ini dipaparkan pada Rajah 1.



**Rajah 1.** Pokok gaharu yang disuntik menggunakan suntikan lubang bor

### **Suntikan Titisan Mata Pokok Gaharu**

Suntikan titisan mata dilakukan dengan membuat lubang pada pokok gaharu dengan kedalaman  $\frac{1}{3}$  daripada diameter pokok. Jarak antara suntikan adalah antara 10 hingga 15 cm. Setiap botol titisan mata boleh diisi dengan samada 5, 10 atau 15 ml campuran inokulan. Sukatan inokulan adalah sebanyak dua liter bagi pokok berdiameter 100 cm dengan tambahan satu liter bagi tambahan 50 cm saiz diameter pokok. Suntikan lubang bor yang dilakukan dalam penyelidikan ini dipaparkan pada Rajah 2.



**Rajah 2.** Pokok gaharu yang disuntik menggunakan suntikan titisan mata

### **Sampel Kayu Gaharu**

Sampel kayu gaharu dipungut setiap bulan dengan membuat torehan pada batang pokok gaharu selepas proses inokulan dilakukan terhadap pokok gaharu. Menurut Liu et al. (2013), tindak balas inokulan terhadap pokok dapat dikesan dalam masa satu minggu. Tindak balas menyeluruh berlaku dalam masa enam bulan. Manakala dalam masa dua tahun, kayu gaharu

akan berwarna kehitaman. Penyelidikan yang dilakukan oleh Jong (2012) mendapati bahawa tindak balas *Fusarium solani* paling banyak berlaku pada dua minggu pertama. Pada jangka masa 6-12 bulan menunjukkan bahawa terdapat penurunan tindak balas *Fusarium solani* terhadap pokok gaharu. Kualiti kayu gaharu yang dipungut dipadankan dengan ciri-ciri kualiti resin gaharu, iaitu warna dan aroma seperti ditetapkan oleh Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (JPSM, 2015).

**Model Statistik Verhulst**

Populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik dianggar dengan menggunakan model statistik Verhulst. Model statistik Verhulst merupakan penyempurnaan daripada model eksponensial. Model eksponensial mengandaikan sumber yang terdapat untuk pertumbuhan sesuatu populasi adalah tidak terbatas. Ini ternyata tidak benar dalam semua keadaan kerana populasi hidup daripada sumber yang terbatas, dan ketika populasi semakin padat, elemen dalam populasi akan mendapat sumber yang semakin kecil. Ini bermakna populasi mempunyai suatu batas berdasarkan sumber terhad yang dapat dikaitkan dengan daya tampung. Daya tampung merupakan ukuran populasi maksimum yang dapat ditampung tanpa terdapat pertambahan atau penurunan populasi. Model statistik Verhulst menunjukkan bahawa pertumbuhan sesuatu populasi tidak hanya bergantung terhadap ukuran populasi tetapi juga pertumbuhan bergantung kepada daya tampung. Model statistik Verhulst diperolehi daripada penyempurnaan model eksponensial dengan mengambil kira sumber yang terhad dalam pertumbuhan populasi.

Model statistik Verhulst diperolehi dengan menyelesaikan persamaan pertumbuhan logistik (Vries et al., 2006) seperti berikut:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left( 1 - \frac{x}{t} \right) \tag{1}$$

dengan

$\frac{dx}{dt}$  adalah kadar perubahan populasi pada masa ( $t$ );

$r$  adalah kadar konstan;

$x$  adalah populasi pada masa ( $t$ ).

Jika  $y(t) = \frac{1}{x(t)}$ , maka

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= -\frac{1}{x^2} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} &= -\frac{1}{x^2} rx \left( 1 - \frac{x}{k} \right) \\ &= -r \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{k} \right) \end{aligned} \tag{2}$$

Oleh kerana  $y = \frac{1}{x}$ , maka

$$\frac{dy}{dt} = -r \left( y - \frac{1}{k} \right) \tag{3}$$

Diketahui bahawa  $y(0) = \frac{1}{x(0)} = \frac{1}{x_0}$ , maka persamaan (3) boleh diselesaikan dengan pemisahan pemboleh ubah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= -r\left(y - \frac{1}{k}\right) \\ \frac{dy}{y - 1/k} &= -r dt \\ \int \frac{1}{y - 1/k} dy &= -\int r dt \\ \ln\left|y - \frac{1}{k}\right| &= -rt + c \\ \left|y - \frac{1}{k}\right| &= e^{-rt+c} \\ y &= ce^{-rt} + \frac{1}{k} \end{aligned} \quad (4)$$

Untuk nilai nyata  $t$  dan konstan  $c$ , gantikan 0 untuk  $t$  dalam persamaan (4) akan diperolehi

$$\begin{aligned} \frac{1}{x_0} &= c + \frac{1}{k} \\ c &= \frac{1}{x_0} - \frac{1}{k} \end{aligned} \quad (5)$$

Daripada persamaan (4) akan diperolehi

$$y = \frac{1}{k} + \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{k}\right)e^{-rt} \quad (6)$$

Oleh kerana  $x = \frac{1}{y}$ , maka persamaan (6) akan menjadi

$$x(t) = \frac{1}{\frac{1}{k} + \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{k}\right)e^{-rt}} \quad (7)$$

atau

$$x(t) = \frac{k}{1 + \left(\frac{k}{x_0} - 1\right)e^{-rt}} \quad (8)$$

dengan

$x(t)$  adalah populasi pada masa ( $t$ );  
 $x_0$  adalah populasi pada masa  $t=0$  (permulaan);  
 $k$  adalah daya tampung;  
 $r$  adalah kadar konstan.

## DAPATAN DAN PERBINCANGAN

### Formulasi Inokulan Biosintetik

Dapatan penyelidikan memaparkan hasil formulasi inokulan biosintetik yang dilakukan di makmal Biologi, Fakulti Sains dan Matematik, UPSI. Formulasi inokulan biosintetik terdiri daripada campuran asas 1000 ml seperti berikut:

200 ml madu asli

200 ml liter air kelapa muda

200 ml susu segar

200 ml air bertapis

200 ml larutan gula merah/Melaka/kabung

0.001 mg *Fusarium solani*

*Fusarium solani* yang digunakan dalam penyelidikan ini dipaparkan pada Rajah 3.



Rajah 3. *Fusarium solani*

Daripada campuran asas, sebanyak 1000 ml campuran aktif inokulan biosintetik diformulasi seperti berikut:

100 ml campuran asas

300 ml larutan gula merah/Melaka/ kabung

600 ml liter air bertapis

### Tindak Balas Inokulan Biosintetik Terhadap Pokok Gaharu

Penyelidikan yang dilakukan mendapati bahawa pada bulan yang ketiga, inokulan biosintetik yang disuntik terhadap pokok gaharu mula menunjukkan kesan dengan perubahan warna walaupun tidak menyeluruh dan cebisan kayu gaharu mengeluarkan aroma harum apabila kayu gaharu dibakar.

Inokulan biosintetik yang digunakan berjaya menghasilkan gaharu selepas enam bulan disuntik dengan menggunakan kaedah suntikan lubang bor dan titisan mata. Suntikan pada pokok menampakkan perubahan warna yang menyeluruh dan mengeluarkan aroma harum apabila kayu gaharu dibakar. Warna dan aroma kayu gaharu yang dipungut dipadankan dengan ciri-ciri kualiti resin gaharu seperti yang ditetapkan oleh Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (JPSM, 2015). Rajah 4 menunjukkan tindak balas inokulan biosintetik selepas enam bulan melalui suntikan titisan mata. Manakala Rajah 5 menunjukkan tindak balas inokulan biosintetik selepas enam bulan melalui suntikan lubang bor.



**Rajah 4.** Kesan suntikan titisan mata inokulan biosintetik selepas enam bulan



**Rajah 5.** Kesan suntikan lubang bor inokulan biosintetik selepas enam bulan



**Rajah 6.** Hasil tuaian gaharu inokulan biosintetik

#### **Analisis GCMS Ekstrak Gaharu**

Analisis GCMS yang dilakukan mendapati komponen kimia utama dalam ekstrak gaharu ialah lanosterol, asid oleik dan asid undekanoik. Hasil analisis GCMS ditunjukkan pada Lampiran.



### Model Statistik Inokulan Biosintetik Penghasilan Resin Gaharu

Model statistik Verhulst inokulan biosintetik dibina bagi menganggar populasi *Fusarium solani* yang berperanan sebagai bahan utama bagi penghasilan gaharu daripada pokok gaharu. Terdapat tiga model yang boleh digunakan bagi menganggar populasi *Fusarium solani*, iaitu Contois, Verhulst dan Tessier (Fathima et al., 2013). Model statistik Verhulst dipilih kerana ianya ringkas, berkesan dan mekanistik secara alami (Wan et al., 2000). Model statistik Verhulst bagi menganggar populasi *Fusarium solani* pada masa ( $t$ ) adalah seperti berikut:

$$x(t) = k / (1 + (k/x_0 - 1)e^{-rt}) \quad (9)$$

dengan

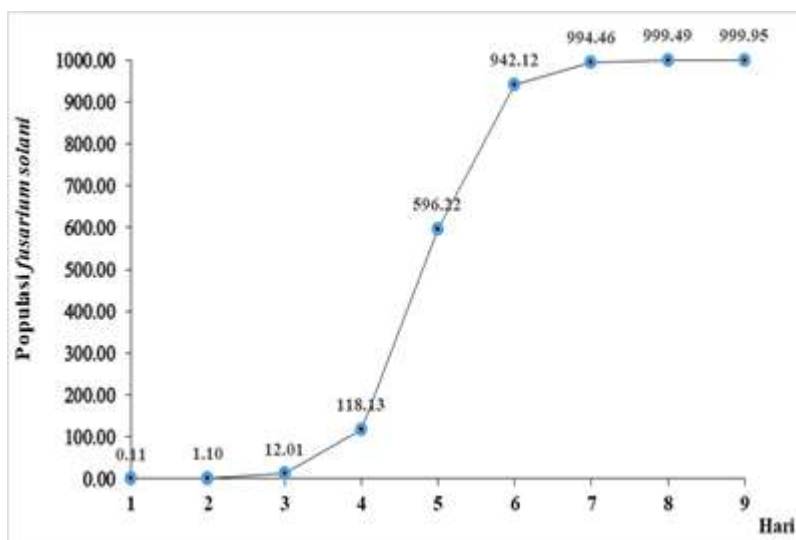
$x(t)$  adalah populasi *Fusarium solani* pada masa ( $t$ );

$k$  adalah daya tampung;

$r$  adalah kadar konstan *Fusarium solani*;

$x_0$  adalah populasi permulaan *Fusarium solani*.

Berdasarkan model statistik Verhulst, penyelidikan yang dilakukan mendapati bahawa dengan campuran asas 1000 ml inokulan biosintetik, populasi *Fusarium solani* dalam campuran asas mencapai tahap optimum pada hari ketujuh. Rajah 7 menunjukkan populasi *Fusarium solani* dalam campuran asas bagi tempoh sembilan hari.



Rajah 7. Populasi *Fusarium solani* berdasarkan model statistik Verhulst

### KESIMPULAN

Penyelidikan yang dilakukan berjaya mengformulasi inokulan biosintetik. Inokulan biosintetik diformulasi berdasarkan campuran (Campuran asas 1000 ml: 200 ml madu asli + 200 ml liter air kelapa muda + 200 ml susu segar + 200 ml air bertapis + 200 ml larutan gula + merah/Melaka/kabung + 0.001 mg *Fusarium solani*); dan (Campuran aktif 1000 ml: 100 ml campuran asas + 300 ml larutan gula merah/Melaka/ kabung + 600 ml liter air bertapis). Inokulan biosintetik diuji terhadap tujuh batang pokok dan hasilnya dalam tempoh enam bulan inokulan biosintetik berjaya menghasilkan resin gaharu. Resin gaharu

yang dihasilkan daripada inokulan biosintetik diuji dari aspek rupa warna dan aroma. Resin gaharu yang dihasilkan daripada inokulan biosintetik memenuhi ciri-ciri warna dan aroma Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia. Komponen kimia utama dalam ekstrak gaharu ialah lanosterol, asid oleik dan asid undekanoik. Penyelidikan yang dilakukan berjaya membina model statistik Verhulst inokulan biosintetik bagi menganggar populasi *Fusarium solani* yang berperanan sebagai bahan utama penghasilan resin gaharu daripada pokok gaharu. Populasi *Fusarium solani* pada masa ( $t$ ) dianggarkan berdasarkan persamaan Verhulst  $x(t) = k / (1 + (k/x_0 - 1)e^{-rt})$ . Populasi *Fusarium solani* dalam inokulan biosintetik mencapai tahap optimum dalam masa tujuh hari.

## PENGHARGAAN

Penyelidik mengucapkan terima kasih kepada pemberi dana penyelidikan ini, iaitu Al-Himi Agrofarm Sdn Bhd. Nombor penyelidikan yang didaftarkan dengan Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia adalah 2017-0034-102-29.

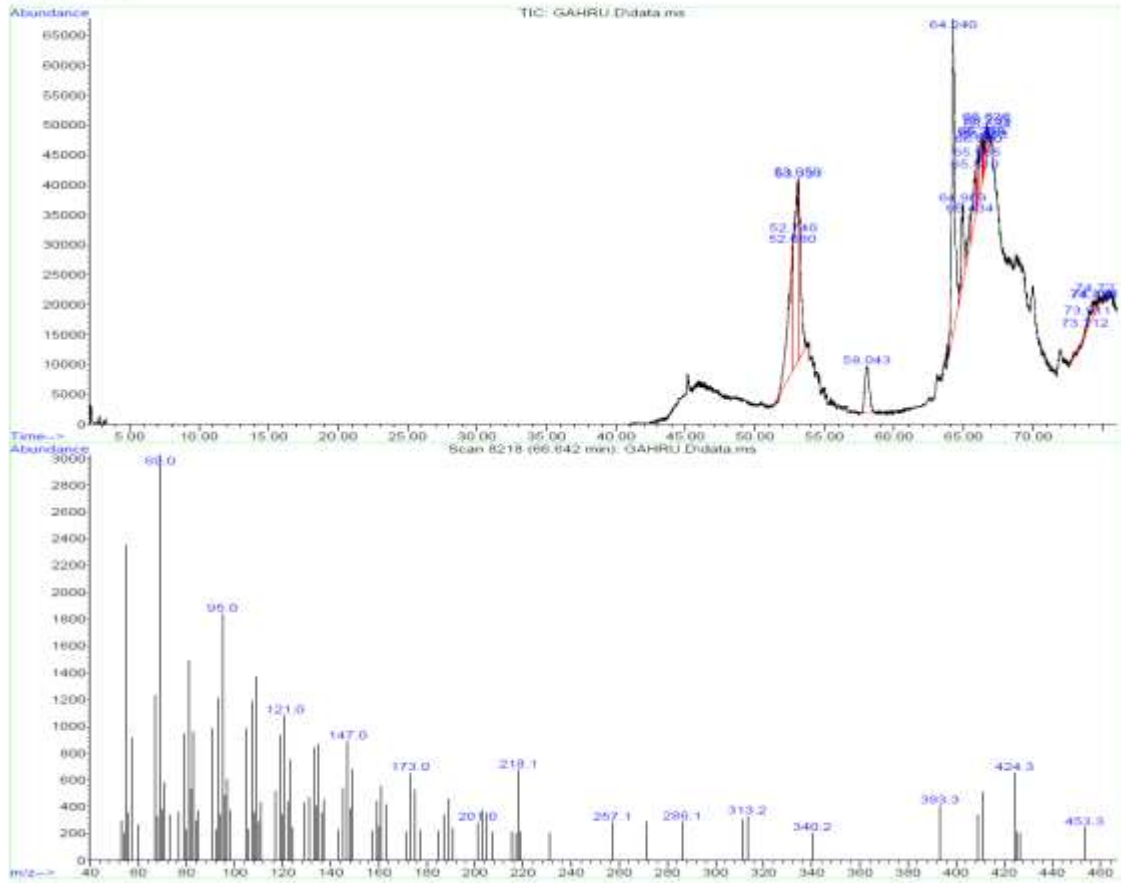
## RUJUKAN

- Agus Winarsih, Fifi Puspita & M. Amrul Khoiri. (2014). Pengaruh stressing terhadap percepatan pembentukan gubal gaharu pada tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis lamk*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 1(1), 1-15.
- Brilhante, M.F., Gomes, M.I. & Pestana, D. (2012). Extensions of verhulst model in population dynamics and extremes. *Chaotic Modeling and Simulation*, 2(4), 575-591.
- Dudi Iskandar & Ahmad Suhendra. (2013). Uji inokulasi *Fusarium sp.* untuk produksi gaharu pada budidaya *A. beccariana*. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 14(3), 182-188.
- Esti Wulandar. (2009). *Efektivitas Acremonium sp. dan Fusarium sp. sebagai penginduksi ganda terhadap pembentukan gaharu pada pohon Aquilaria microcarp*. Tesis Sarjana tidak diterbitkan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Fathima, B.S., Abhinandan, D., Kumar, B.S. & Mohan, B.R. (2013). Mathematical modelling of an endophytic fungus *Fusarium oxysporum* nfx06 isolated from *Nothapodytes foetida*. *International Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 3(2), 123-130.
- Herawati, C., Batubara, R. & Siregar, E.B.M. (2013). Wood chemical changes in gubal agarwood (*Aquilaria malaccensis lamk*). *Peronema Forestry Science Journal*, 2(1), 117-125.
- Jong, Phai Lee. (2012). *Effects of mechanical wounding and infection patterns of Fusarium solani on gaharu formation in Aquilaria malaccensis lamk*. Tesis sarjana tidak diterbitkan, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor.
- JPSM. (2015). *Manual penggedan gaharu JPSM*. Selangor: Alamedia Sdn. Bhd.
- Liu, Y., Chen, H., Yang, Y., Zhang, Z., Wei, J., Meng, H., Chen, W., Feng, J., Gan, B., Chen, X., Gao, Z., Huang, J., Chen, B. & Chen, H. (2013). Whole-tree agarwood-inducing technique: an efficient novel technique for producing high-quality agarwood in cultivated *Aquilaria sinensis* trees. *Molecules*, 18, 3086-3106.
- Markham, K.R., Mitchell, K.A., Wilkins, A.L, Daldy, J.A. & Lu, Y. (1996). HPLC and GC-MS identification of the major organic constituents in New Zealand propolis. *Phytochemistry*, 42(1), 205-211.
- Mega I Made, Dewa Ketut Suanda, Desak Nyoman Kasniari, Wayan Suena & Made Adi Oka Parwata. (2012). Formulasi inokulan jamur pembentuk gubal gaharu pada tanaman ketimunan (*Gyrinops versteegii*). *AGROTROP*, 2(2), 139-144.
- Siran, A.S. & Turjaman, M. (2010). *Pengembangan teknologi produksi gaharu berbasis pemberdayaan masyarakat*. Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam Bogor.
- Sri Suharti, Pratiwi, Erdy Santosa & Maman Turjaman. (2011). Feasibility study of business in agarwood inoculation at different stem diameters and inoculation periods. *Journal of Forestry Research*, 8(2), 114-129.

- Summerell, B.A, Laurence, M.H, Liew, E.C. & Leslie, J.F. (2010). Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review. *Fungal Diversity*, 44(1), 3-13.
- Vries, G.D., Hillen, T., Lewis, M., Müller, J. & Schönfisch, B. (2006). *A course in mathematical biology: quantitative modelling with mathematical and computational methods*. Philadelphia, PA: SIAM.
- Yang, M., Fu, H., Liang, Y., Huang, H., Zhao, B., Xie, C. & Chen, N. (2014). Modified transfusion devices, inducer, and procedure for agarwood-inducing by infusion technique. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 2566-2571.
- Wan, X., Wang, M., Wang, G. & Zhong, W.Q. (2000). A new four-parameter, generalized logistic equation and its applications to mammalian somatic growth. *Acta Theriol*, 45,145-153.

## LAMPIRAN

File : C:\msdchem\1\DATA\Matematik\GAHRU.D  
Operator : ASA  
Acquired : 15 Nov 2018 10:22 using AcqMethod HANISA070316.M  
Instrument : GCMSD1  
Sample Name : GAHRU  
Misc Info :  
Vial Number : 1



Makmal Kimia,FSM,UPSI Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\2\DATA\Matematik\  
Data File : GAHRU.D  
Acq On : 19 Nov 2018 10:22  
Operator : ASA  
Sample : GAHRU  
Misc :  
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex  
Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	52.683	15.60	C:\Database\NIST05a.L Oleic Acid 15-Tetracosenoic acid, methyl este r, (Z)- 6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	113353 165280 122327	000112-80-1 002733-88-2 002777-58-4	93 68 58
2	52.738	2.53	C:\Database\NIST05a.L Oleic Acid Hexadecenoic acid, Z-11- 15-Tetracosenoic acid, methyl este r, (Z)-	113353 94748 165280	000112-80-1 002416-20-8 002733-88-2	93 86 68
3	53.052	18.53	C:\Database\NIST05a.L Oleic Acid Hexadecenoic acid, Z-11- Z-8-Methyl-9-tetradecenoic acid	113353 94748 85352	000112-80-1 002416-20-8 1000130-84-5	93 86 80
4	53.131	12.45	C:\Database\NIST05a.L Oleic Acid Hexadecenoic acid, Z-11- 15-Tetracosenoic acid, methyl este r, (Z)-	113353 94748 165280	000112-80-1 002416-20-8 002733-88-2	93 86 68
5	58.040	5.78	C:\Database\NIST05a.L Undecanoic acid, hydroxy-, lactone 3-(Prop-2-enyloxy)tetradecane 2-Pentadecanol	45765 104121 77401	039282-36-5 1000245-67-1 001853-34-5	42 22 22
6	64.238	13.91	C:\Database\NIST05a.L 2-Methyl-2,Z-3,13-octadecadienol cis-9-Hexadecenal 9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydrox y-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	112083 83993 155412	1000130-90-5 056219-04-6 003443-64-3	50 46 45
7	64.277	12.41	C:\Database\NIST05a.L 2-Methyl-2,Z-3,13-octadecadienol 13-Octadecenal, (Z)- 9-Octadecenal, (Z)-	112083 102823 102821	1000130-90-5 058594-45-9 002423-10-1	60 55 55
8	64.906	5.31	C:\Database\NIST05a.L Ergost-25-ene-3,5,6,12-tetrol, (3. beta.,5.alpha.,6.beta.,12.beta.)- 6-Octenal, 3,7-dimethyl-, (R)- Cyclopentaneethanol, .beta.,2,3-tr imethyl-	179805 25617 27158	056052-97-2 002395-77-5 021721-18-6	50 27 27
9	65.432	1.40	C:\Database\NIST05a.L Ergost-25-ene-3,5,6,12-tetrol, (3. beta.,5.alpha.,6.beta.,12.beta.)- p-Menthon-8-thiol 1-Formyl-2,2-dimethyl-3-trans-(3-m ethyl-but-2-enyl)-6-methylidene-cv	179805 47087 71449	056052-97-2 033281-91-3 1000144-09-7	49 35 35

			6-Nitroundec-5-ene	56418	1000192-40-3	35
20	74.332	1.65	C:\Database\NIST05a.L Longipinocarvone 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one 3,7,11-Trimethyl-dodeca-2,4,6,10-tetraenal	69928 69971 69946	1000151-87-1 086917-79-5 013832-89-8	55 50 43
21	74.434	0.57	C:\Database\NIST05a.L 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one 3,7,11-Trimethyl-dodeca-2,4,6,10-tetraenal (1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en	69971 69946 70028	086917-79-5 013832-89-8 1000298-97-8	64 43 43
22	74.725	0.74	C:\Database\NIST05a.L 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one (1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en Eseroline, 3a-desmethyl-5-O-methyl	69971 70028 69773	086917-79-5 1000298-97-8 1000124-27-4	45 45 25

HANIDA070316 .M Mon Nov 19 13:06:17 2018

			6-Nitroundec-5-ene	56418	1000192-40-3	35
20	74.332	1.65	C:\Database\NIST05a.L Longipinocarvone 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one 3,7,11-Trimethyl-dodeca-2,4,6,10-tetraenal	69928 69971 69946	1000151-87-1 086917-79-5 013832-89-8	55 50 43
21	74.434	0.57	C:\Database\NIST05a.L 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one 3,7,11-Trimethyl-dodeca-2,4,6,10-tetraenal (1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en	69971 69946 70028	086917-79-5 013832-89-8 1000298-97-8	64 43 43
22	74.725	0.74	C:\Database\NIST05a.L 6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-4a,5,6,7,8,8a-hexahydro-1H-naphthalen-2-one (1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en Eseroline, 3a-desmethyl-5-O-methyl	69971 70028 69773	086917-79-5 1000298-97-8 1000124-27-4	45 45 25

HANIDA070316 .M Mon Nov 19 13:06:17 2018