



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

**POTENSI INOKULAN TERPILIH TERHADAP
PENGHASILAN RESIN OLEH
Aquilaria malaccensis Lam**

MOHD FAUZI BIN ELIAS



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

**UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS
2020**



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

POTENSI INOKULAN TERPILIH TERHADAP PENGHASILAN RESIN
OLEH *Aquilaria malaccensis* Lam

MOHD FAUZI BIN ELIAS



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

TESIS DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK MEMPEROLEH
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2020



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



Sila tanda (✓)

Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan dan Kerja kursus

Doktor Falsafah

✓

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada **15** (hari bulan) **Disember** (bulan) **2020**

i. Perakuan pelajar:

Saya, **MOHD FAUZI BIN ELIAS, P20161000928, FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK** (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO.MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk **POTENSI INOKULAN TERPILIH TERHADAP PENGHASILAN RESIN OLEH *Aquilaria malaccensis* Lam** adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan jelasnyanya dan secukupnya..

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan penyelia:

Saya **PROFESOR MADYA DR HUSNI BIN IBRAHIM** (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk **POTENSI INOKULAN TERPILIH TERHADAP PENGHASILAN RESIN OLEH *Aquilaria malaccensis* Lam** (TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh **IJAZAH DOKTOR FALSAFAH (BIOLOGI)** (SILA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

Tarikh

Tandatangan Penyelia



**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES****BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: POTENSI INOKULAN TERPILIH TERHADAP PENGHASILAN RESIN
OLEH *Aquilaria malaccensis* Lam

No. Matrik /Matric No.: P20161000928
Saya / I : MOHD FAUZI BIN ELIAS
(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)* ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.
4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / *Please tick (✓) from the categories below:-*

☐**SULIT/CONFIDENTIAL**

Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / *Contains confidential information under the Official Secret Act 1972*

☐**TERHAD/RESTRICTED**

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan ini dijalankan. / *Contains restricted information as specified by the organization where research was done.*

☐**TIDAK TERHAD / OPEN
ACCESS**

(Tandatangan Pelajar/ Signature)

(Tandatangan Penyelia / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)

Tarikh: _____

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini **SULIT @ TERHAD**, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai **SULIT** dan **TERHAD**.

Notes: If the thesis is CONFIDENTIAL or RESTRICTED, please attach with the letter from the related authority/organization mentioning the period of confidentiality and reasons for the said confidentiality or restriction.





PENGHARGAAN

Alhamdulillah, segala puji-pujian kepada Allah S.W.T, tuhan sekalian alam di atas segala limpah rahmat-Nya dan selawat serta salam kepada junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W. Syukur, dengan izin Allah S.W.T, akhirnya saya telah berjaya menjalankan kerja-kerja penyelidikan dan dapat menyiapkan penulisan tesis ini.

Setinggi penghargaan kepada pihak UPSI kerana memberi peluang kepada saya menjadi pelajar peringkat kedoktoran dan menimba ilmu dan pengalaman. Setinggi penghargaan juga kepada pihak Kementerian Pendidikan Malaysia di atas penganugerahan Hadiah Latihan Persekutuan (HLP) untuk menyambung pelajaran.

Jutaan terima kasih kepada penyelia utama saya Prof Madya Dr Husni Ibrahim dan Dr Wan Rusmawati sebagai penyelia bersama di atas bantuan, bimbingan, tunjuk ajar serta sokongan padu mereka kepada saya. Tanpa sokongan dan bantuan mereka tidak mungkin saya dapat menamatkan pengajian dengan jayanya. Ucapan terima kasih juga dirakamkan kepada Dekan FSM Prof Madya Dr Haniza Hanim Mohd Zain di atas bantuan, sokongan serta khidmat nasihat yang diberikan. Setinggi penghargaan dan terima kasih kepada para pensyarah daripada Jabatan Biologi dan Jabatan Kimia di atas bantuan dan khidmat nasihat.



Sekalung penghargaan juga kepada staf pejabat Fakulti Sains Matematik dan Jabatan Biologi serta *team* pembantu makmal dan rakan pelajar yang memberikan bantuan dan dorongan seperti Dr Nur Hidayat, Nor Nasibah, Amirah, Norhazila, Chor Tepen dan lain-lain.

Jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada Dato Ahmad Faris Al Helmi kerana telah menyokong penyelidikan ini dengan membenarkan kajian ini dijalankan di ladang karas milik beliau dan menggunakan kemudahan di sana. Terima kasih yang tidak terhingga juga kepada En Abad selaku staf Al Helmi Agrofarm Sdn Bhd di atas bantuan dan khidmat nasihat semasa kajian dijalankan di ladang karas serta pengusaha karas lain yang telah memberi bantuan dan ilmu yang berguna.

Teristimewa ucapan terima kasih kepada ibu saya Hajah Masitah Minget kerana doa yang tidak putus-putus mendoakan kejayaan saya. Terakhir dan sangat istimewa ucapan terima kasih kepada isteri saya yang tercinta Cikgu Hamimah Ibrahim di atas doa, sokongan moral, bantuan serta memahami keadaan saya yang sedang belajar. Kesabaran beliau dan doa yang tidak putus-putus untuk saya amat dihargai. Pengorbanan beliau bersama anak-anak saya Muhammad Luqmanul Hakim dan Mohamad Adam Hakim sepanjang pengajian saya amat dihargai.

Semoga Allah S.W.T sentiasa memberkati dan merahmati segala perjuangan insan-insan dalam menuntut ilmu untuk kebaikan bersama.

Sekian, terima kasih.





ABSTRAK

Kajian ini berkenaan potensi inokulan terpilih terhadap penghasilan resin oleh *Aquilaria malaccensis* Lam (pokok karas). Objektif utama penyelidikan ialah untuk menghasilkan inokulan bagi mengaruh pokok karas untuk menghasilkan resin. Kawasan kajian terletak di ladang karas Kampung Tambak, Slim River, Perak yang melibatkan sebanyak 36 pokok karas berusia enam tahun. Inokulan yang telah dihasilkan dilabel sebagai A, B, C dan D, manakala inokulan berlabel K merupakan inokulan komersil. Kumpulan kawalan dilabelkan sebagai N, merupakan pokok sihat tanpa rawatan. Setiap pokok telah disuntik sebanyak 80 ml inokulan. Tempoh masa kajian adalah selama 12 bulan. Penebangan pokok untuk setiap kumpulan bagi mendapatkan resin yang terbentuk adalah pada setiap sela masa empat bulan. Pelarut organik; iaitu heksana, diklorometana dan metanol telah digunakan untuk kaedah pengekstrakkan resin. Ekstrak mentah resin telah dianalisis menggunakan mesin *Gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Keputusan kajian menunjukkan kesemua inokulan yang dihasilkan berupaya mengaruh pokok karas untuk menghasilkan resin. Berat resin bagi kesemua ekstrak menunjukkan peningkatan peratusan daripada bulan ke-4 sehingga bulan ke-8 dan menurun pada bulan ke-12. Analisis korelasi Pearson menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan ($p < 0.05$) bagi parameter berat resin dengan faktor pertumbuhan pokok. Faktor pertumbuhan pokok seperti ukur lilit, ketinggian pokok dan litupan kanopi mempunyai hubungan yang signifikan ($p < 0.05$) dengan faktor persekitaran. Analisis regresi linear berganda menunjukkan parameter panjang translokasi merupakan faktor yang paling mempengaruhi berat resin yang terhasil. Sejumlah 150 jenis sebatian kimia organik utama dikenal pasti menerusi GC-MS iaitu terdiri daripada kumpulan asid organik, kumpulan alkaloid, kumpulan alkana, kumpulan kromon dan kumpulan terpena. Justeru itu, kajian ini telah menunjukkan keupayaan formulasi inokulan kimia yang dihasilkan mampu mengaruh pokok karas untuk menghasilkan resin. Inokulan B merupakan inokulan terbaik berdasarkan perbandingan berat resin tertinggi (19.91g), warna resin lebih gelap, kandungan sebatian kimia utama tertinggi dan kos penghasilan terendah. Implikasi kajian ini adalah inokulan yang dihasilkan mampu memberi sumbangan yang positif kepada perkembangan industri gaharu di Malaysia.





POTENTIAL OF SELECTED INOCULANTS ON RESIN FORMATION BY *Aquilaria malaccensis* Lam

ABSTRACT

This study concerns the potential of selected inoculants for resin production by *Aquilaria malaccensis* Lam (agarwood tree). The main objective of this research is to produce inoculant to induce agarwood tree to produce resins. The study area is located at Kampung Tambak, Slim River, Perak involving 36 six-years-old of agarwood trees. The produced inoculants were labelled as A, B, C and D, while inoculant with labelled K is a commercial inoculant. Control group was labelled as N, a healthy tree without treatment. Each tree was injected with 80 ml of inoculants. The study period was 12 months. Each group of trees were cut down to get the resin that was formed every four months. Organic solvent; namely hexane, dichloromethane and methanol were used for resin extraction method. The raw resin extract was analyzed using Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed all produced inoculants were able to induce agarwood to produce resin. The weight of resin for all extracts showed percentage increment from 4th month until 8th month and decreased in the 12th month. The Pearson correlation analysis showed that there was a significant relationship ($p < 0.05$) for the resin weight parameter with the tree growth factor. Tree growth factor such as girth, tree height and canopy coverage had a significant relationship ($p < 0.05$) with environmental factor. Multiple linear regression analysis shows the translocation length parameter is the most influential factor of the resulting resin weight. A total of 150 major organic chemical compounds were identified through GC-MS which consist organic acid, alkaloid, alkane, chromones and terpene groups. Therefore, this study has proven the ability of chemical inoculation formulations produced able to induce agarwood tree to produce resins. Inoculants B is the best inoculants based on the comparison of the highest resin weight (19.91g), darker resin colour, the highest content of major chemical compound and lowest production cost. This study implies that the inoculants produced able to contribute positively to the development of the agarwood industry in Malaysia.



ISI KANDUNGAN

PENGAKUAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xv
SENARAI RAJAH	xix
SENARAI SINGKATAN	xxiii
SENARAI LAMPIRAN	xxv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	2
1.3 Pernyataan Masalah	6
1.4 Objektif Kajian	12
1.5 Persoalan Kajian	13
1.6 Hipotesis Kajian	14
1.7 Kepentingan Kajian	16

1.8 Batasan Kajian	18
1.9 Rumusan	18

BAB 2 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Pengenalan	20
2.2 Thymelaeaceae	21
2.2.1 <i>Aquilaria</i>	23
2.2.2 Ekologi dan taburan genus <i>Aquilaria</i> di Malaysia	26
2.2.3 Penanaman pokok karas di Malaysia	33
2.3 Penghasilan Gaharu dan Kegunaannya	37
2.3.1 Gerakbalas <i>Aquilaria malaccensis</i> di dalam penghasilan gaharu	41
2.4 Mekanisma Biosintesis Sebatian Kimia Gaharu	42
2.4.1 Biosintesis terpenoid	42
2.5 Kandungan Pati Minyak Gaharu	49
2.5.1 Ciri fizikal pati minyak gaharu	50
2.5.2 Ciri kimia pati minyak gaharu	51
2.6 Teknik Inokulasi Secara Buatan	52
2.6.1 Inokulasi menerusi kecederaan fizikal	53
2.6.2 Inokulasi menerusi penggunaan bahan kimia	55
2.6.3 Inokulasi menerusi penggunaan kulat dan mikroorganisma	57
2.7 Teknik Inokulasi Komersil	58
2.8 Pengenal pastian Pokok Karas yang Mengandungi Gaharu	64

2.9 Rumusan	67
-------------	----

BAB 3 METODOLOGI AM

3.1 Pengenalan	69
3.2 Reka Bentuk Kajian	69
3.3 Lokasi Kajian	72
3.4 Pemilihan Sampel Tumbuhan	72
3.4.1 Penyediaan herbarium	73
3.5 Pemilihan Pokok Karas	74
3.6 Analisis Statistik	76
3.6.1 Analisis normaliti	76
3.7 Carta Alir Penyelidikan	77
3.8 Rumusan	78

BAB 4 PENGHASILAN FORMULASI DAN KESANNYA TERHADAP PEMBENTUKAN RESIN

4.1 Pengenalan	79
4.2 Potensi Bahan Kimia	80
4.3 Metodologi	87
4.3.1 Imbasan sebatian aktif bagi pemformulasian inokulan daripada inokulan komersil	87
4.3.2 Pemformulasian inokulan kimia	88
4.3.3 Penyediaan inokulan kajian	89
4.3.4 Kaedah inokulasi terhadap pokok karas	91

4.3.5 Kaedah pemeriksaan penghasilan gaharu	95
4.3.6 Penebangan pokok karas	97
4.3.7 Pengukuran panjang translokasi inokulasi	98
4.4 Keputusan	99
4.4.1 Analisis dapatan kajian	99
4.4.2 Perubahan warna tisu kayu	99
4.4.3 Panjang translokasi inokulasi	108
4.5 Perbincangan	115
4.8 Kesimpulan	127

BAB 5 PENGEKSTRAKAN RESIN DAN KANDUNGAN SEBATIAN KIMIA DI DALAMNYA

5.1 Pengenalan	128
5.2 Komponen Kimia di dalam Minyak Gaharu	129
5.2.1 Seskuiterpena sebagai komponen utama di dalam gaharu	131
5.2.2 Monoterpena	136
5.2.3 Triterpena	138
5.3 Teknik Pengekstrakan Resin Gaharu	138
5.4 Analisa Gas <i>Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	141
5.5 Metodologi	143

5.5.1	Penyediaan sampel tumbuhan	143
5.5.2	Pengekstrakan kaedah rendaman menggunakan pelarut organik	143
5.5.3	Kaedah pengeringan	145
5.5.4	Kaedah pengiraan hasil resin	146
5.6	Analisis Sebastian Meruap di dalam Resin Menggunakan GC-MS	147
5.7	Keputusan	149
5.7.1	Perbandingan berat ekstrak mentah resin mengikut jenis pelarut organik pada bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	149
5.7.2	Perbandingan terhadap berat ekstrak mentah resin bagi pelarut heksana pada bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12.	154
5.7.3	Perbandingan berat ekstrak mentah resin mengikut jenis pelarut DCM pada bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	160
5.7.4	Perbandingan berat ekstrak mentah resin mengikut jenis pelarut metanol pada bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	166
5.7.5	Perbandingan bilangan sebatian kimia yang terdapat di dalam ekstrak mentah resin	171
5.7.6	Perbandingan kumpulan sebatian kimia di dalam ekstrak mentah mengikut jenis pelarut dan bulan	177
5.8	Perbincangan	186
5.9	Kesimpulan	200



BAB 6 FAKTOR PERSEKITARAN DAN KESANNYA TERHADAP POKOK OLEH INOKULAN BERBEZA

6.1 Pengenalan	202
6.1.1 Tanah dan nutrien	203
6.1.2 Faktor curahan hujan dan kandungan air tanah	208
6.1.3 Faktor Suhu Harian	209
6.2 Metodologi	210
6.2.1 Pengumpulan data curahan hujan dan suhu udara	210
6.2.2 Pengumpulan pH tanah	210
6.2.3 Penentuan suhu tanah	212
6.2.4 Penentuan komposisi tanah	213
6.2.5 Penentuan kandungan air tanah	214
6.2.6 Pengukuran ketinggian pokok	215
6.2.7 Pengukuran ketinggian bawah dahan pertama	216
6.2.8 Pengukuran diameter pada paras dada	216
6.2.9 Pengukuran diameter kanopi pokok	217
6.3 Keputusan	218
6.3.1 Parameter persekitaran	219
6.3.2 Parameter pook	224



6.3.3 Korelasi Pearson bagi hubungan faktor persekitaran dan faktor pokok	230
6.4 Perbincangan	233
6.5 Kesimpulan	245

BAB 7 FAKTOR PERTUMBUHAN POKOK DAN KESANNYA TERHADAP PEMBENTUKAN RESIN OLEH INOKULAN BERBEZA

7.1 Pengenalan	246
7.2 Metodologi	249
7.3 Keputusan	249
7.4 Hubungan Antara Faktor Pokok dengan Berat Resin	249
7.4.1 Analisis korelasi Pearson	249
7.4.2 Analisis regresi linear berganda	254
7.5 Perbincangan	262
7.6 Kesimpulan	268

BAB 8 PERBINCANGAN AM

8.1 Perbincangan	270
------------------	-----



BAB 9 KESIMPULAN, CADANGAN DAN IMPLIKASI KAJIAN

9.1 Kesimpulan 278

9.2 Cadangan 281

9.3 Implikasi Kajian 285

RUJUKAN 287



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Taburan Genus Thymelaeaceae di Malaysia.	22
2.2	Spesies <i>Aquilaria</i> yang Terdapat di Negara Asal	24
2.3	Taburan Semula jadi Spesies <i>Aquilaria</i> Di Malaysia	31
2.4	Saiz Buah dan Berat Biji Benih Spesies Pokok Karas Terpilih	32
2.5	Statistik Ladang Gaharu di Malaysia	35
4.1	Formulasi Bahan Kimia di dalam Penghasilan Inokulan	88
4.2	Perubahan Warna Tisu Kayu Mengikut Tempoh Masa Penebangan	107
4.3	Panjang Translokasi Inokulasi Pada Batang Pokok Karas	108
4.4	Taburan Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	111
4.5	Ujian ANOVA Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	112
4.6	Taburan Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	113
4.7	Ujian ANOVA Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	113

4.8	Taburan Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	114
4.9	Ujian ANOVA Panjang Translokasi Inokulasi Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	114
5.1	Pengkelasan Sebastian Terpena	131
5.2	Senarai Sebastian Kumpulan Sesquiterpena yang Telah Dijumpai Oleh Penyelidik Lepas	135
5.3	Parameter Eksperimen GC-MS	148
5.4	Pengekstrakan Bulan Keempat Menggunakan Pelarut Heksana, DCM dan Metanol	151
5.5	Pengekstrakan Bulan Kelapan Menggunakan Pelarut Heksana, DCM dan Metanol	151
5.6	Pengekstrakan Bulan Ke-12 Menggunakan Pelarut Heksana, DCM dan Metanol	152
5.7	Perbandingan Berat Resin Heksana Pada Bulan Keempat, Kelapan dan Ke-12	155
5.8	Berat Resin Pelarut Heksana Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	156
5.9	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut Heksana Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	157
5.10	Berat Resin Pelarut Heksana Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	158
5.11	Perbandingan Berat Resin Heksana Pada Bulan Keempat, Kelapan dan Ke-12	158
5.12	Berat Resin Larutan Heksana Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	159
5.13	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut Heksana Mengikut Inokulan pada Bulan Ke-12	159

5.14	Perbandingan berat Resin DCM Pada Bulan Keempat, Kelapan dan Ke-12	161
5.15	Berat Resin Pelarut DCM Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	162
5.16	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut DCM Mengikut Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	163
5.17	Berat Resin Pelarut DCM Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	164
5.18	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut DCM Mengikut Inokulan pada Bulan Kelapan	164
5.19	Berat Resin Pelarut DCM Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	165
5.20	Ujian ANOVA Berat Resin Larutan DCM Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	165
5.21	Perbandingan Berat Resin Metanol Pada Bulan Keempat, Bulan Ke Lapan dan Bulan Ke-12	167
5.22	Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	168
5.23	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Keempat	169
5.24	Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	170
5.25	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Kelapan	170
5.26	Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	171
5.27	Ujian ANOVA Berat Resin Pelarut Metanol Mengikut Inokulan Pada Bulan Ke-12	171

5.28	Kehadiran Sebatian Kimia Ekstrak Mentah Resin Heksana Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	172
5.29	Kehadiran Sebatian Kimia Ekstrak Mentah Resin DCM Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	173
5.30	Kehadiran Sebatian Kimia Aktif Ekstrak Mentah Resin Metanol Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	174
5.31	Peratus Komposisi Kumpulan Sebatian Di dalam Ekstrak Resin Heksana Mengikut Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	179
5.32	Peratus Komposisi Kumpulan Sebatian Di dalam Ekstrak Resin DCM Mengikut Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	182
5.33	Peratus Komposisi Kumpulan Sebatian Di dalam Ekstrak Resin Metanol Mengikut Bulan Keempat, Kelapan dan Ke-12	185

6.1	Faktor Persekitaran	207
6.2	Jadual Analisis Korelasi Pearson Bagi Hubungan Antara Faktor Fersekitaran dan Faktor Pokok Mengikut Jenis Inokulan Tempoh 12 bulan	230
7.1	Analisis korelasi Pearson Berat Ekstrak Mentah Resin Heksana dan Faktor Pokok Pada Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	251
7.2	Analisis Korelasi Pearson Berat Ekstrak Mentah Resin DCM dan Faktor Pokok Pada Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	252
7.3	Analisis Korelasi Pearson Berat Ekstrak Mentah Resin Metanol dan Faktor Pokok Pada Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12	253
7.4	Ringkasan Model Ekstrak Mentah Resin Heksana	254
7.5	Jadual ANOVA ^a Ekstrak Mentah Resin Heksana	255

7.6	Jadual Pekali Pemboleh Ubah Bersandar: Berat Ekstrak Mentah Resin Heksana	255
7.7	Ringkasan Model Ekstrak Mentah DCM	256
7.8	ANOVA ^a Ekstrak Mentah Resin DCM	258
7.9	Jadual Pekali Pemboleh Ubah Bersandar: Berat Ekstrak DCM	258
7.10	Ringkasan Model Ekstrak Mentah Resin Metanol	259
7.11	ANOVA ^a Ekstrak Mentah Resin Metanol	261
7.12	Jadual Pekali Pemboleh Ubah Bersandar: Berat Ekstrak Metanol	261

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka surat
1.0	Perkaitan pemboleh ubah kajian	15
2.1	Taburan genus <i>Aquilaria</i> Asal di dunia	25
2.2	Biji benih dan buah yang dihasilkan oleh <i>A.malaccensis</i>	27
2.3	Anak pokok <i>Aquilaria malaccensis</i> berusia hampir dua tahun	30
2.4	Cadangan mekanisma biosintesis terpena disebabkan oleh faktor kecederaan dan aktiviti pengawalan gen	44
2.5	Skema laluan biosintesis terpenoid	47
2.6	Reka bentuk <i>Modified Kit</i>	62
2.7	Corak gerudi berpilin pada pokok karas	63
2.8	Penggunaan <i>sonic tomography</i> terhadap pokok karas	67
3.1	Contoh penandaan yang telah dibuat pada pokok karas	75
3.2	Carta alir penyelidikan	77
4.1	Ringkasan penyediaan inokulan	91
4.2	Inokulan yang telah siap dimasukkan kedalam botol reagen 250 ml	91
4.3	Suntikan terhadap pokok karas menggunakan <i>ChemJet</i>	92

4.4	Kaedah inokulasi terhadap pokok karas	94
4.5	Kaedah selak tingkap yang telah digunakan	96
4.6	Proses tebanan pokok karas	97
4.7	Pengukuran panjang translokasi	98
4.8	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan ke empat bagi inokulan A, B dan C	100
4.9	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan ke empat bagi inokulan D, K dan N	101
4.10	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan kelapan bagi inokulan A, B dan C	102
4.11	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan kelapan bagi inokulan D, K dan N	103
4.12	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan ke-12 bagi inokulan A, B dan C	104
4.13	Keratan rentas batang pokok karas untuk bulan ke- 12 bagi inokulan D, K dan N	105
4.14	Graf panjang translokasi inokulasi pada bahagian batang pokok karas	109
5.1	2-(2-feniletıl) kromon	130
5.2	Struktur rangka asas sesquiterpena	134
5.3	Contoh sesquiterpena yang boleh dijumpai di dalam tumbuhan lain	135
5.4	Struktur asas rangka karbon monoterpena	137
5.5	Contoh sebahagian monoterpena dan struktur kimianya	137

5.6	Struktur asas rangka karbon triterpena	138
5.7	Hasil ekstrak yang telah dituras	144
5.8	Mesin <i>rotary-evaporate</i>	146
5.9	Graf berat ekstrak mentah resin heksana, DCM dan metanol untuk bulan keempat	152
5.10	Graf berat ekstrak mentah resin heksana, DCM dan metanol untuk bulan kelapan	153
5.11	Graf berat ekstrak mentah resin heksana, DCM dan metanol untuk bulan ke-12	153
5.12	Graf berat ekstrak resin heksana untuk bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	155
5.13	Graf berat ekstrak resin DCM untuk bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	161
5.14	Graf berat ekstrak resin metanol untuk bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	167
5.15	Graf bilangan ekstrak resin heksana bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	175
5.16	Graf bilangan ekstrak resin DCM bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	176
5.17	Graf bilangan ekstrak resin metanol bulan keempat, bulan kelapan dan bulan ke-12	176
6.1	Bacaan suhu tanah pada musim panas berbeza mengikut kedalamannya	207
6.2	Alat pengukur pH tanah	211
6.3	Termometer tanah yang digunakan untuk menyukat suhu tanah	212
6.4	Ayak tanah	214
6.5	Proses mengambil bacaan ukur lilit	217

6.6	Pengiraan diameter kanopi pokok	218
6.7	Nilai pH tanah di kawasan kajian tempoh 12 bulan	219
6.8	Min peratus kandungan air di dalam tanah di kawasan kajian tempoh 12 bulan	220
6.9	Min suhu tanah di kawasan kajian tempoh 12 bulan	221
6.10	Min suhu udara di kawasan kajian tempoh 12 bulan	222
6.11	Jumlah curahan hujan bulanan di kawasan kajian tempoh 12 bulan	223
6.12	Komposisi tanah di kawasan kajian tempoh 12 bulan	223
6.13	Ukuran <i>dbh</i> pokok karas tempoh 12 bulan	226
6.14	Ukuran ketinggian pokok karas tempoh 12 bulan	227
6.15	Ukuran ketinggian bawah dahan pertama pokok karas tempoh 12 bulan	228
6.16	Ukuran diameter kanopi pokok karas tempoh 12 bulan	229

SENARAI SINGKATAN

°C	Darjah Celcius
β	Beta
cm	sentimeter
<i>dbh</i>	<i>Diameter at breast height / Diameter pada paras dada</i>
DCM	Dikloro metana
DMAPP	<i>dimethylallyl diphosphate</i>
FPP	<i>fernesyl diphosphate</i>
FRIM	<i>Forest Research Institute of Malaysia</i>
GC-MS	<i>Gas Chromatography – Mass Spectrometry</i>
H ₂ O ₂	Hidrogen Peroksida
IPP	<i>isopentenyl diphosphate</i>
JUPEM	Jabatan Peta dan Ukur Malaysia
kg	kilogram
m	meter
MeJa	Metil Jasmonat
min	minit
MEP	<i>methylethritol phosphate</i>
MTIB	<i>Malaysian Timber Industrial Board</i>
MVA	<i>Mevalonate acid</i>
NMR	<i>Nuclear Magnetic Resonance</i>
PCD	<i>Programe Cell Death/ Program kematian sel</i>



R	Pekali korelasi
R^2	Pekali korelasi punca kuasa dua
RM	Ringgit Malaysia
Rp	Rupiah
RNA	<i>Ribonucleotide Acid</i>
TPS	<i>Terpene Synthase</i>
USD	<i>United State Dollar</i>
UPSI	Universiti Pendidikan Sultan Idris





SENARAI LAMPIRAN

- A Kromatogram GC-MS Inokulan Komersil
- B1 Kromatogram GC-MS Ekstrak Heksana, DCM dan Metanol Bulan Keempat
- B2 Kromatogram GC-MS Ekstrak Heksana, DCM dan Metanol Bulan Kelapan
- B3 Kromatogram GC-MS Ekstrak Heksana, DCM dan Metanol Bulan Ke-12
- C1 Senarai Sebatian Kimia Ekstrak Resin Pelarut Heksana Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12
- C2 Senarai Sebatian Kimia Ekstrak Resin Pelarut DCM Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12
- C3 Senarai Sebatian Kimia Ekstrak Resin Pelarut Metanol Bulan Keempat, Bulan Kelapan dan Bulan Ke-12
- D Analisis Statistik SPSS
- E Surat Permohonan Kebenaran Menjalankan Kajian di Al Helmi AgroFarm Sdn Bhd
- F Surat Permohonan Kepada Jabatan Meterologi Untuk Mendapatkan Data Cuaca
- G Data Persekitaran dan Data Pokok
- H Surat Rujukan Pakar Pengecaman Spesies Pokok Karas
- I Herbarium *Aquilaria malaccensis*
- J Perbandingan Harga Jualan Inokulan Komersil
- K Kajian Rintis
- L Penerbitan/Konferen/Anugerah





BAB 1

PENDAHULUAN



Bab ini membincangkan tentang latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif kajian, persoalan kajian, batasan kajian dan kepentingan kajian. Pelbagai dapatan serta maklumat yang berkaitan daripada penyelidikan terdahulu diperolehi menerusi pembacaan artikel jurnal, buku ilmiah, koleksi tesis, surat khabar, bahan internet dan komunikasi personal oleh mereka yang terlibat di dalam bidang kajian. Kupasan dan dapatan yang telah dikumpulkan sangat penting untuk membolehkan penyelidikan dijalankan dengan jayanya. Seterusnya, daripada pernyataan masalah tersebut telah terhasilnya empat objektif kajian dan lima persoalan kajian, batasan kajian, kepentingan kajian serta implikasi apabila kajian ini dijalankan. Ianya telah dinyatakan dengan jelas di dalam bab ini.





1.2 Latar belakang kajian

Malaysia merupakan antara sebuah negara yang kaya dengan kepelbagaian biologi yakni flora dan fauna, di mana bilangan keluarga bagi tumbuhan berbunga sahaja dianggarkan terdiri lebih daripada 1 500 spesies (Napis, Salleh, Itam, & Latiff, 2001). Manakala terdapat 12 500 spesies tumbuhan yang ada di Malaysia dengan lebih 1 000 spesies dikatakan mempunyai ciri terapeutik dan faktor penyembuhan (Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara, 2018).

Di Malaysia, pokok keluarga *Aquilaria* merupakan tumbuhan yang tidak asing bagi penduduk tempatan. Ia juga dikenali sebagai sebagai pokok karas telah terkenal sejak dari dahulu kerana ia berupaya menghasilkan gaharu. Manakala gaharu pula lazimnya digunakan untuk pembuatan minyak pati. Gaharu juga mempunyai nama panggilan lain oleh penduduk tempatan dengan menggunakan nama “depu” dan “engkaras”. Disebabkan itu, pemahaman istilah yang berkaitan bidang kajian adalah penting. Pokok karas merujuk kepada pokok yang terdiri daripada genus *Aquilaria* yang terdiri daripada pelbagai spesies. Manakala gaharu pula merujuk kepada teras kayu yang mengandungi resin berwarna perang atau gelap yang terdapat di dalam bahagian batang, dahan atau akar pokok karas tersebut. Istilah resin pula merujuk kepada sebatian kimia beraroma yang terkandung di dalam gaharu (Muhammad Ismail & Mohd Zin Jusoh, 2011; MTIB, 2016).

Manakala istilah inokulan yang digunakan di dalam kajian ini merujuk kepada cecair yang dimasukkan ke dalam batang dan dahan pokok karas. Ia dimasukkan menerusi menggunakan peralatan spesifik setelah penggerudian lubang pada bahagian





batang atau dahan telah dilakukan. Inokulan yang terdapat di dalam industri gaharu pula dikelaskan kepada kategori organik dan bukan organik. Inokulan organik disediakan dengan menggunakan spesies kulat tertentu dan patogen seperti bakteria. Manakala inokulan bukan organik disediakan daripada bahan kimia spesifik (Mohamed et al., 2012; Xie et al., 2013; Azren et al., 2019).

Gaharu merupakan kayu teras yang terdapat pada batang, dahan dan akar pada pokok karas yang mengandungi resin beraroma wangi. Ianya boleh terhasil secara semula jadi atau diaruh secara buatan. Teras gaharu tersebut tidak akan terbentuk pada pokok yang sihat (Jamaluddin Mohd Daud, Hassan, Hashim, & Taher, 2011). Hanya pokok yang sakit dan bermasalah sahaja yang akan menghasilkan resin berharga tersebut (Zhang et al., 2014). Resin di dalam gaharu adalah terhasil daripada tindak balas pokok karas melawan jangkitan kulat, jangkitan mikroorganisma, dipanah petir, kebakaran dan serangan serangga (Chen et al., 2011). Sterusnya, bagi pokok karas yang sihat, ia lazimnya mempunyai struktur kayu lembut dan berwarna cerah. Apabila pokok tersebut terdedah kepada jangkitan patogen atau parasit ianya akan mengeluarkan resin atau damar yang menyebabkan tisu berkayu kawasan berkaitan bertukar warna daripada cerah kepada perang atau kehitaman (Chua, 2008).

Gaharu merupakan sumber hutan dikategorikan sebagai hasil bukan kayu yang sangat bernilai terutamanya di pasaran Asia Barat dan Asia Tengah (Zhang et al., 2010). Aktiviti perdagangan melibatkan gaharu telah direkodkan hampir 2000 tahun (Lim dan Noraini, 2010). Pokok karas merupakan tumbuhan berasal daripada keluarga Thymelaeaceae dan memiliki taburan semula jadi yang meluas di seluruh





Semenanjung Malaysia. Ianya boleh membesar setinggi 15 meter hingga 30 meter dan mempunyai diameter antara 0.5 meter sehingga 1 meter serta mengeluarkan bunga berwarna putih (Chakrabarty et al., 1994).

Pokok karas tumbuh liar di hutan secara semula jadi mengambil masa yang lama untuk menghasilkan gaharu berkualiti iaitu antara 40 tahun hingga 50 tahun dan 10 tahun sehingga 20 tahun sekiranya ditanam secara ladang (Muhammad Ismail & Mohd Zin Jusoh, 2011). Namun begitu, tidak semua spesies *Aquilaria* berupaya menghasilkan gaharu (Chakrabarty et al., 1994). Daripada 25 spesies *Aquilaria*, hanya 13 spesies yang dilaporkan berkeupayaan untuk menghasilkan gaharu yang berbau wangi seperti *A. baillonii*, *A. beccariana*, *A. crassna*, *A. filarial*, *A. hirta*, *A. khasiana*, *A. malaccensis*, *A. microcarpa*, *A. rostrata*, *A. rugosa*, *A. sinensis*, *A. subintegra* dan *A. yunnanensis* (Hou, 1960; Ng et al., 1997; Compton & Zich 2002; Kiet et al., 2005; Yang et al., 2015). Manakala baki lapan lagi spesies masih memerlukan kajian mendalam pada masa akan datang untuk mengkaji keupayaan spesies tersebut di dalam penghasilan gaharu (Rashid & Zuhaidi, 2011; Akter, Islam, Zulkefeli, & Khan, 2013).

Menurut Lim dan Noraini (2010), terdapat 19 spesies tumbuhan asli di Malaysia yang berupaya menghasilkan gaharu iaitu 13 spesies di Semenanjung Malaysia, 11 spesies di Sabah dan 13 spesies di Sarawak. Angka tersebut termasuk pertindanan spesies yang sama bagi kawasan Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak. Spesies tersebut telah direkodkan berasal daripada lima genera iaitu *Aquilaria* tujuh spesies; *Gonystylus* enam spesies; *Wikstroemia* empat spesies; *Aetoxylon* satu spesies dan *Enkleia* satu spesies. Mereka juga menyatakan bahawa





spesies *Aquilaria* yang utama iaitu *A. malaccensis* merupakan pokok karas yang paling popular digunakan sebagai sumber gaharu.

Masa yang diambil untuk penghasilan gaharu yang sangat panjang telah mendorong kepada pelbagai penyelidikan dan usaha untuk mempercepatkan penghasilannya (Peng et al., 2015). Ini mendorong kepada pembangunan pelbagai teknik merangsang pengeluaran resin dan teknologi pengesanan gaharu terbentuk (Tan, Isa, Ismail, & Zainal, 2019). Antara teknik tradisonal yang lazimnya digunakan ialah seperti menggunakan paku besi pada batang, menetak, mengorek batang, membakar, mematahkan dahan serta memotong dan mengeluarkan kulit (Mohamed, Jong, & Kamziah, 2012; Azren et al., 2019). Selain daripada teknik kecederaan mekanikal tersebut terdapat pelbagai teknik induksi lain yang telah digunakan oleh pengusaha gaharu. Contohnya ialah penggunaan serangga, penggunaan patogen yang menyerang tisu pokok dan penggunaan bahan kimia (Mohamed et al., 2012; Azren et al., 2019).

Justeru itu, berdasarkan pelbagai dapatan dan maklumat yang diperolehi maka kajian ini memberikan tumpuan kepada pemformulasian dan penghasilan inokulan berasaskan bahan kimia sahaja. Seterusnya perbandingan prestasi inokulan dilakukan berdasarkan faktor pembentukan resin seperti panjang translokasi terhasil, kemenjadian gaharu pada batang pokok, berat resin terhasil dan bilangan sebatian utama yang terkandung di dalam resin. Ini melibatkan proses penebangan dan pemerhatian keadaan kayu dan warna tisu kayu yang terlibat. Ia juga melibatkan proses pengekstrakan resin yang menggunakan pelarut organik yang kepolarannya





berbeza. Kajian juga turut mengkaji faktor persekitaran dan parameter pertumbuhan pokok dan hubungannya terhadap pembentukan resin pada pokok karas terlibat.

1.3 Penyataan Masalah

Dewasa ini, kajian berkaitan penghasilan gaharu telah giat dijalankan oleh pelbagai pihak seperti penyelidik daripada universiti terkemuka di dalam atau pun di luar negara seperti Indonesia, Thailand, Vietnam, China, India dan lain-lain lagi (Lim, Mamat, & Chang, 2007; Putri, Karlinasari, Turjaman, Wahyudi, & Nandika, 2017). Penyelidikan di dalam industri gaharu dan produk berkaitannya di Malaysia juga telah dijalankan oleh pihak swasta serentak dengan pembukaan ladang-ladang gaharu milik mereka (MTIB, 2011). Mereka giat menjalankan kajian untuk menghasilkan inokulan yang terbaik dan paling efektif untuk mengaruhi penghasilan gaharu (Jong, Tsan, & Mohamed, 2014; MTIB, 2016).

Lazimnya formulasi di dalam penghasilan sesuatu inokulan adalah rahsia dan ia akan dipatenkan untuk tujuan komersil. Ini selaras sebagaimana yang dinyatakan oleh Turjaman, Hidayat, & Santoso (2016) bahawa terdapat banyak penyelidikan yang telah dijalankan terhadap gaharu yang melibatkan pelbagai penyelidik daripada Asia, Eropah dan Amerika Syarikat, namun begitu dapatan penyelidikan tidak semuanya dikongsi secara umum. Manakala perkongsian hanya melibatkan kelompok tertentu yang berkepentingan (Turjaman et al., 2016). Begitu juga dengan perlaksanaan bengkel dan seminar yang di adakan pada peringkat antarabangsa dan kebangsaan hanya sedikit dapatan atau penemuan yang dikongsikan oleh mereka. Hal





ini disebabkan oleh faktor nilai komersil terhadap gaharu dan produk yang terhasil daripadanya yang boleh menjana keuntungan besar. Namun begitu kaedah cuba jaya yang telah dijalankan oleh penyelidik terdahulu tidak dapat menentukan inokulan terbaik di dalam penghasilan resin (Faizal et al., 2016).

Di samping itu juga adalah sukar untuk memastikan sesuatu inokulan yang telah dihasilkan oleh penyelidik lalu adalah kualiti terbaik. Ini kerana terdapat pelbagai pemboleh ubah lain yang tidak boleh dikawal yang turut mempengaruhi kadar penghasilan gaharu (Muhammad Ismail & Mohd Zin Jusoh, 2011). Antaranya ialah seperti aras air bawah tanah, kadar jatuhnya hujan, kadar jatuhnya cahaya matahari, formasi dahan dan daun pokok, serangan ulat daun/ulat juta, serangan berulung bakteria negatif dan serangan berulung fungus negatif (Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia, 2012; Seminar Gaharu Kebangsaan, 2014). Ini termasuk faktor usia pokok, perbezaan individu pokok disebabkan variasi musim dan cuaca persekitaran di kawasan tertentu serta variasi genetik spesies *Aquilaria* turut memainkan peranan di dalam penghasilan gaharu (Ng, 1997). Sementara itu, La Frankie (1994) juga telah mencadangkan bahawa hanya satu persepuluh pokok karas liar yang matang menghasilkan gaharu. Dalam ertikata lain, penghasilan gaharu dan gred kualitinya tidak boleh dijangka sama sekali walaupun menggunakan inokulan yang dikatakan paling efektif dan terbaik. Malah menurut Liu et al (2013) turut melaporkan bahawa sehingga kini tiada satu pun teknik inokulasi atau bahan inokulan yang dikatakan benar-benar berkesan untuk menghasilkan gaharu di ladang secara meluas, pelbagai tempat dan masa penghasilan yang pendek serta penghasilan gaharu yang paling berkualiti yang dapat memenuhi standard kualiti di China (Chinese





Pharmacopoeia Standard). Manakala Okudera & Ito (2009) juga menyatakan harga inokulan di pasaran kebiasaannya adalah mahal namun tidak terjamin keberkesannya.

Antara lain ialah gaharu yang diperolehi daripada pokok karas liar semula jadi atau secara tanaman ladang mempunyai nilai yang tinggi dipasaran (Fatmawati, Saiful Nizam, Joharizal, & Mashitah, 2014). Walaupun harganya boleh berubah tetapi ianya adalah stabil kerana faktor gred dan kualiti gaharu menjadi faktor utama di dalam urusan niaga (Rashid & Zuhaidi, 2011). Tambahan pula permintaan yang berterusan saban tahun di peringkat antarabangsa untuk pelbagai kegunaan termasuk terkini kajian untuk merawat pelbagai penyakit kanser di Eropah telah menyebabkan bidang ini mempunyai tarikan tersendiri untuk diterokai (Ge et al., 2018). Menurut Yahya (2011), berdasarkan permit eksport *CITES* pada tahun 2009 produk gaharu bagi



Semenanjung Malaysia adalah bernilai RM56.43 juta. Manakala Jayachandran et al (2014) pula melaporkan gred paling tinggi gaharu adalah sangat mahal dan pernah direkodkan pernah mencecah harga sehingga USD30 000 / RM126 000 per kg bergantung kepada permintaan dan negara pengguna. Siti Salwana Hashim (2016) pula melaporkan kebiasaannya harga gaharu gred terbaik adalah setinggi RM25 000 per kg. Manakala Abdin (2014) melaporkan harga global gaharu boleh mencecah RM40 000 per kg. Selain itu, Radhuan Hussain (2014) juga melaporkan berlaku kenaikan harga gaharu gred A yang mencecah RM130 000 sekilogram berbanding sekitar RM20 000 hingga RM25 000 sekilogram pada tahun semasa. Saiz pasaran dunia berkaitan gaharu pula adalah dianggarkan di antara RM24 billion hingga RM32 billion setahun dan dijangkakan lebih besar lagi kerana ada aktiviti perdagangan yang tidak direkodkan (Akter, Islam, Zulkefeli, & Khan, 2013). Berdasarkan nilai harga pasaran yang tinggi tersebut telah memberi rangsangan baru kepada penyelidikan





saintifik dan perkembangan perladangan pokok karas. Justeru itu, kajian berkaitan penghasilan gaharu terbukti mempunyai nilai ekonomi yang tinggi.

Selain itu, aspek berkaitan dengan penyelidikan berkaitan gaharu boleh dikatakan masih terdapat ruang persoalan yang masih belum di kaji sepenuhnya. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Zhang et al (2014) bahawa halangan utama di dalam industri penghasilan gaharu ialah disebabkan oleh pengetahuan para penyelidik yang terhad di dalam memahami mekanisme penghasilan gaharu itu sendiri. Secara mudahnya kefahaman dan pengetahuan yang mendalam adalah sangat penting untuk mengaitkan hubungan antara respon stres pokok karas dan pengeluaran bahan metabolik sekundernya. Ini juga disokong oleh Ye et al (2018) yang menyatakan sangat sedikit diketahui sebenarnya maklumat dan pemahaman yang jelas berkaitan pembentukan gaharu walaupun pelbagai usaha telah dilakukan setakat ini. Begitu juga telah banyak idea yang diketengahkan untuk menerangkan bagaimanakah gaharu terbentuk tetapi ianya masih tidak jelas (Okudera & Ito, 2009).

Aspek penting yang diberi tumpuan di dalam kajian ini ialah berkaitan penyelidikan yang melibatkan penghasilan inokulan kimia. Ini kerana ianya masih kurang jika dibandingkan dengan inokulan biologi sejak inokulasi pertama menggunakan kulat direkodkan pada tahun 1929 (Naef, 2011). Namun begitu, terdapat beberapa contoh bahan kimia yang penyelidik terdahulu telah gunakan. Contohnya ialah seperti metil jamonat, gula, asid asetik dan asid salisilik (Tamuli, Boruah, & Samanta, 2004; Feifei et al., 2019) Ini termasuk juga penggunaan asid formik, sodium klorida, hidrogen peroksida dan ferum klorida yang bertujuan untuk merangsang pengeluaran resin gaharu dengan cepat dan banyak (Okudera & Ito,





2009; Zhang et al., 2014). Penggunaan asid formik oleh Ye et al (2016) terhadap *A.sinensis* menunjukkan penghasilan sebatian kumpulan terpena yang lebih tinggi berbanding kaedah menggunakan kulat dan kecederaan mekanikal. Begitu juga dengan kajian Van Thanh dan Van Do (2015) yang telah menggunakan campuran asid sulfurik dan sodium metil bisulfit untuk penghasilan sebatian sesquiterpena. Selain itu Zhang et al (2012) juga telah melaporkan di dalam kajiannya penggunaan inokulan kimia yang dinamakan *Agar-wit* adalah terbaik untuk merangsang penghasilan resin di dalam masa singkat dan kualiti setanding dengan gaharu liar gred tinggi. Penggunaan bahan kimia boleh mempercepatkan penghasilan resin di dalam gaharu dalam masa lebih singkat berbanding penggunaan kulat yang memakan masa lebih panjang (Xu et al., 2016). Kelebihan penggunaan inokulan berasaskan bahan kimia disebabkan ianya boleh diangkut dan disebarkan ke seluruh bahagian tumbuhan



menerusi proses transpirasi yang mengakibatkan pembentukan gaharu pada kebanyakan bahagian (Liu et al., 2013). Manakala penggunaan kulat mengambil masa yang lebih lama untuk kerja penyediaan dan pengeraman berbanding penghasilan inokulan kimia yang lebih pantas dan penghasilan boleh dibuat pada skala besar (Tan et al., 2019). Ini kerana kebanyakan bahan kimia yang digunakan merupakan bahan yang dijangka berupaya terus memulakan laluan biosintesis penghasilan gaharu (Liu et al., 2013; Feifei et al., 2019). Inokulan kimia kebiasaannya mengandungi bahan-bahan utama seperti fitohormon, garam natrium klorida, mineral tertentu dan sebatian terbitan biologikal seperti ekstrak yis (Zhang et al., 2010; Liu et al., 2013; Van Thanh & Van Do, 2015). Contoh sebatian fitohormon yang telah digunakan oleh pengusaha gaharu ialah ethephon, metil jasmonat, asid salisilik, asid absisik, etilena dan kitosan serta enzim tertentu seperti lipogenase dan polifenol oksidase (gaharujinkou.com). Di samping itu, penggunaan inokulan kimia adalah lebih mudah untuk melakukan





kawalan kualiti berbanding penggunaan inokulan agen biologi yang terdedah kepada kontaminasi organisma lain (Liu et al., 2013; Cui, Guo, Fu, Xiao, & Wang, 2013). Ketidaktentuan keberhasilan gaharu dan kualiti yang rendah serta kerosakan pokok boleh terjadi akibat penggunaan kulat (Chen et al., 2018). Namun begitu, kesemua teknik berkaitan atau bahan yang digunakan adalah bertujuan untuk meniru / mimik proses aruhan semula jadi untuk pokok karas menghasilkan gaharu (Tan et al., 2019).

Secara semulajadi pembentukan gaharu mengambil masa yang lebih panjang dan memakan masa berpuluh tahun (Chakrabarty et al., 1994). Disebabkan masa pembentukan gaharu yang terlalu lama sedangkan permintaan semakin bertambah menyebabkan pelbagai usaha boleh dilakukan untuk memendekkan tempoh masa tersebut. Kebolehan sesuatu inokulan yang berjaya untuk merangsang pokok karas menghasilkan resin di dalam masa yang singkat mempunyai potensi besar untuk dikomersilkan. Disebabkan itu, tempoh masa kajian dijalankan terhad selama 12 bulan sahaja. Kajian ini juga telah melakukan inokulasi terhadap pokok karas muda sekitar usia tujuh tahun. Ini disebabkan ianya masih belum dikaji sepenuhnya kerana kebanyakan proses inokulasi telah dilakukan terhadap pokok karas dewasa berusia belasan tahun oleh kebanyakan pemain utama industri ini untuk memaksimumkan penghasilan gaharu (MTIB, 2016).

Justeru itu, penyelidikan yang bakal dijalankan ini dapat menyumbang kepada pemahaman yang semakin komprehensif teknik inokulasi terhadap pokok karas. Di samping itu, kajian ini juga merupakan inovasi untuk penghasilan inokulan kimia dengan kombinasi beberapa formulasi yang berbeza. Seterusnya dilakukan penentuan dan perbandingan sejauh mana prestasinya di dalam merangsang pokok karas





menghasilkan resin. Berat resin yang diekstrak menjadi salah satu kriteria untuk penentuan formulasi yang manakah adalah terbaik. Penghasilan formulasi inokulan ini seterusnya diharapkan ianya mempunyai potensi yang besar untuk dikomersilkan. Selain itu pilihan kajian terhadap pokok karas dari spesies *Aquilaria malaccensis* juga diharapkan akan dapat memberikan suatu data baru atau nilai tambah data saintifik sedia ada kepada penyediaan formulasi inokulan dan kesannya terhadap pembentukan resin gaharu.

1.4 Objektif kajian

Objektif utama kajian yang akan dijalankan ialah seperti berikut:



- i. Menghasilkan empat inokulan kimia dan membandingkan prestasi inokulan berdasarkan faktor pembentukan resin seperti panjang translokasi dan pembentukan resin pada tisu kayu.
- ii. Mengkaji faktor masa terhadap berat resin dan kandungan sebatian kimia setiap inokulan di dalam resin.
- iii. Mengkaji hubungan faktor persekitaran dengan pertumbuhan pokok karas di kawasan kajian mengikut jenis inokulan.
- iv. Mengenal pasti hubungan antara diameter pokok pada paras dada (*dbh*), diameter kanopi, tinggi pokok, tinggi bawah dahan pertama dan panjang translokasi inokulasi dengan berat resin terhasil.





1.5 Persoalan Kajian

Daripada pemerhatian yang telah dilakukan, industri penghasilan gaharu ini telah giat dijalankan oleh banyak pihak kerana jangkaan pulangan yang tinggi. Ini disebabkan wujudnya permintaan yang berterusan saban tahun. Minyak pati yang diperolehi daripada gaharu telah banyak digunakan untuk pembuatan minyak wangi, perubatan, tujuan keagamaan, produk kesihatan dan sebagainya.

Persoalan yang boleh dibuat ialah seperti berikut:

- i. Bagaimanakah penghasilan inokulan kimia dihasilkan?
- ii. Adakah terdapat perbezaan yang signifikan antara inokulan yang telah dihasilkan berdasarkan faktor panjang translokasi dan pembentukan resin pada tisu kayu?
- iii. Adakah berat resin yang terhasil dan sebatian kimia organik yang terbentuk di dalam resin mempunyai perbezaan yang signifikan mengikut sela masa tertentu?
- iv. Adakah terdapat hubungan di antara faktor persekitaran dengan faktor pertumbuhan pokok di kawasan kajian mengikut jenis inokulan?
- v. Adakah terdapat hubungan antara *dbh*, diameter kanopi, tinggi pokok, tinggi pokok bawah dahan pertama dan ukuran translokasi inokulasi dengan berat resin?





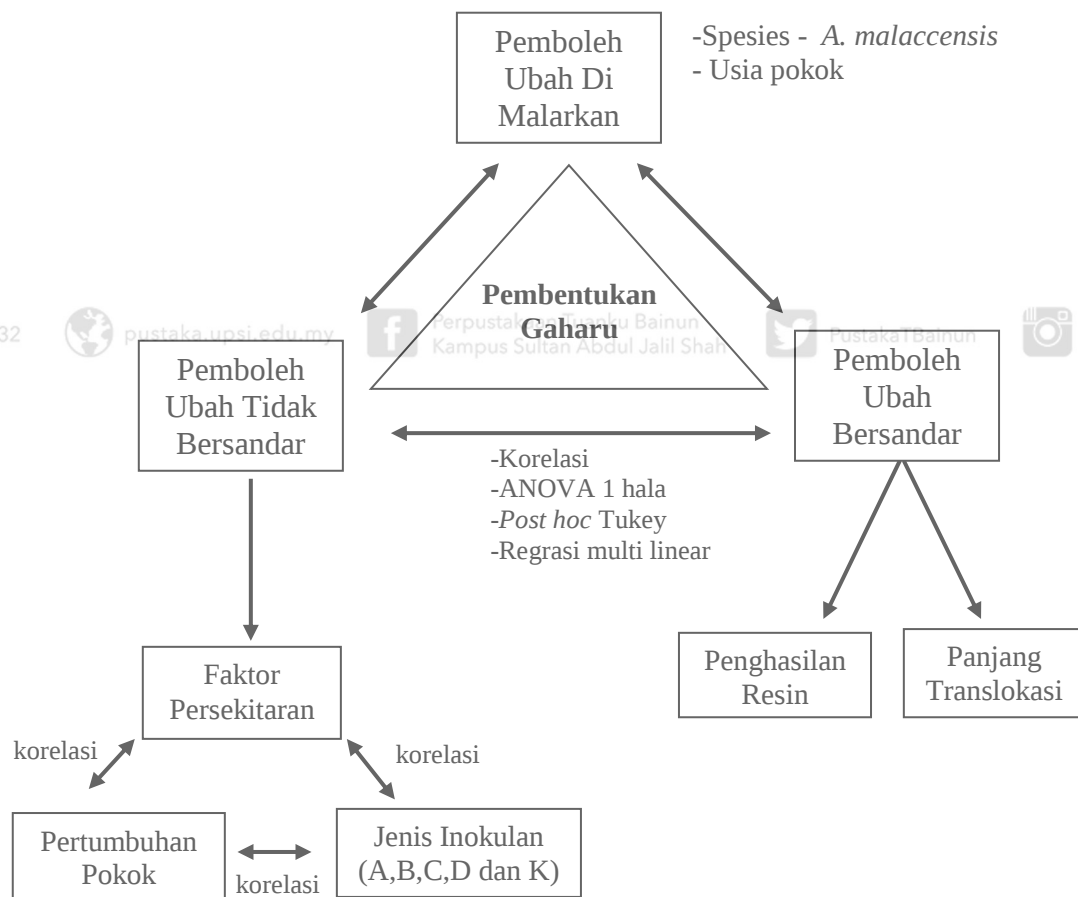
1.6 Hipotesis Kajian

Berdasarkan persoalan kajian yang telah dinyatakan, hipotesis nul untuk diuji di dalam kajian ini seperti berikut:

- a) Tidak terdapat hubungan signifikan di antara faktor persekitaran dengan faktor pertumbuhan pokok di kawasan kajian mengikut jenis inokulan.
- b) Tidak terdapat hubungan signifikan di antara *dbh*, diameter kanopi, tinggi pokok, tinggi bawah dahan pertama dan ukuran panjang translokasi inokulasi dengan berat resin



Seterusnya Rajah 1.0 berikut memaparkan carta alir ringkasan pemboleh ubah yang dikaji serta perkaitan di antaranya. Kajian ini melibatkan pemboleh ubah tidak bersandar yang melibatkan faktor persekitaran, pertumbuhan pokok karas dan jenis inokulan. Manakala pemboleh ubah yang dimalarkan ialah seperti spesies pokok karas dan usia pokok yang sama. Bagi pemboleh ubah bersandar yang terlibat pula terdiri daripada penghasilan resin gaharu dan panjang translokasi inokulasi yang terhasil.



Rajah 1.0 Perkaitan Pemboleh ubah Kajian



1.7 Kepentingan kajian

Kepentingan kajian ini dibahagikan kepada empat bahagian iaitu penghasilan formulasi baru, implikasi kepada pengusaha gaharu dan masyarakat sekeliling, universiti dan negara. Hasil kajian yang telah dijalankan telah berjaya menghasilkan formulasi baru dan cecair inokulan baru iaitu inokulan yang dilabelkan sebagai A, B, C dan D yang diharapkan dapat merangsang pokok karas menghasilkan resin dan pembentukan gaharu di dalam tempoh masa kurang daripada 12 bulan. Formulasi yang telah dihasilkan terbukti dapat merangsang pokok karas spesies *A. malaccensis* seawal empat bulan dan maksima pada anggaran bulan kelapan hingga bulan ke-10 selepas inokulasi dilakukan. Ini sangat bermanfaat kepada pengusaha gaharu yang berkecimpung di dalam kegiatan penghasilan minyak gaharu secara skala besar.

Mereka boleh menggunakan inokulan kajian dengan kos yang paling rendah berbanding inokulan komersil yang ada dipasaran. Antara lain ialah ianya dapat memendekkan tempoh masa penghasilan resin dan diharapkan pengusaha terlibat mendapat pulangan yang lebih baik kerana tempoh masa penghasilan resin telah menjadi singkat.

Selain mempunyai kos penghasilan rendah ianya juga menunjukkan prestasi yang baik di dalam merangsang *A. malaccensis* menghasilkan resin. Justeru itu disebabkan peratus kejayaan yang tinggi, kos inokulasi yang rendah dan jangkaan harga jualan komersil yang berpatutan diharap dapat menarik minat lebih ramai lagi penanam gaharu baru dan boleh menambah pendapatan kepada masyarakat luar bandar untuk turut serta melibatkan diri di dalam penanaman pokok karas. Pihak UPSI juga boleh mengambil kesempatan ini dengan menggiatkan lagi penanaman





pokok karas di kawasan sekitar kampus yang mana tanahnya masih lagi kosong dan tidak diusahakan. Sekiranya pihak universiti sendiri menghasilkan inokulan dan menyuntik sendiri inokulan kepada pokok karas adalah dijangkakan ianya akan mendapat pulangan yang besar selepas enam hingga tujuh tahun dari mula penanaman anak benih. Begitu juga jika mengadakan kolaborasi bersama syarikat luar yang berminat untuk bekerjasama mengkomersilkan inokulan ini bagi pasaran luar negara, ia adalah sangat sesuai dan boleh menjana pendapatan tambahan. Selain itu bagi pihak universiti dan dunia akademik pula, dapatan kajian ini diharapkan dapat menyumbang kepada penambahan data sedia ada terhadap kajian saintifik pokok karas dan penghasilan resinnya. Dapatan daripada kajian ini diharapkan dapat mendorong kepada perlanjutan kajian-kajian lain pada masa depan.



berpotensi menambah pendapatan negara menerusi sektor percukaian hasil daripada kutipan industri gaharu kerana peningkatan hasil gaharu. Jumlah yang ditetapkan oleh kerajaan ialah 10% untuk hasil gaharu (MTIB, 2016). Ia juga dapat merancakkan lagi industri berkaitan gaharu dan merangsang kepada persaingan sihat dengan memperkenalkan inokulan baharu yang murah pada harga berpatutan dibawah harga pasaran sedia ada. Keberkesanan inokulan tersebut adalah suatu tarikan yang tersendiri. Inokulan ini juga adalah istimewa kerana ia tidak mengganggu pertumbuhan pokok, tidak mendatangkan kematian pokok serta selamat dikendalikan oleh manusia.





1.8 Batasan kajian

Kajian ini terhad kepada hanya satu spesies *Aquilaria* iaitu *Aquilaria malaccensis* dan tidak melibatkan mana-mana spesies karas yang lain. Usia pokok yang digunakan pula adalah pada usia enam tahun dan ke atas tetapi tidak melebihi tujuh tahun. Pokok karas tersebut telah diperolehi hanya daripada ladang gaharu yang terdapat di Kampung Tambak, Slim River, Malaysia. Kajian yang dijalankan hanya melibatkan fokus pada bahagian tisu batang pokok sahaja tanpa melibatkan bahagian pokok yang lain seperti akar, dahan dan daun. Manakala tiga pelarut yang telah dipilih untuk tujuan pengekstrakan sampel ialah seperti heksana, DCM dan metanol. Selain itu, faktor persekitaran seperti cuaca, jumlah penerimaan cahaya matahari, suhu udara, jumlah curahan hujan, pH tanah, komposisi tanah dan kelembapan tanah adalah berbeza di antara tempat kajian dan kawasan lain. Manakala penggunaan alat dan mesin untuk analisis GC-MS adalah berbeza di antara kajian ini dan yang digunakan oleh penyelidik lain. Ini termasuk penetapan parameter oven juga berbeza antara satu sama lain. Begitu juga penggunaan kolum kromatografi yang berbeza jenama dan jenis akan menghasilkan keputusan yang tidak sama.

1.9 Rumusan

Secara keseluruhannya bab ini telah menerangkan tentang pendahuluan kajian dan penyebab kepada tujuan kajian ini dijalankan. Di dalam pernyataan masalah, dapat dirumuskan bahawa terdapat pelbagai penyebab kepada pembentukan gaharu. Oleh itu, kajian ini dicadangkan untuk menghasilkan suatu kajian eksperimental kesan





penggunaan bahan kimia sebagai bahan inokulan untuk menghasilkan respon pokok karas bagi penghasilan resin gaharu. Ini termasuk mengkaji faktor-faktor lain dijangka mempengaruhi penghasilan resin seperti faktor pokok dan faktor persekitaran. Bab seterusnya akan membincangkan mengenai spesies pokok karas, taburan dan kepentingannya di dalam kehidupan manusia. Kupasan berkaitan mekanisme pembentukan gaharu dan penghasilan resin juga diberi tumpuan. Penelitian dan bacaan daripada dapatan-dapatan kajian lepas dilakukan agar dapat membantu penyelidik dalam menjalankan kajian ini.

