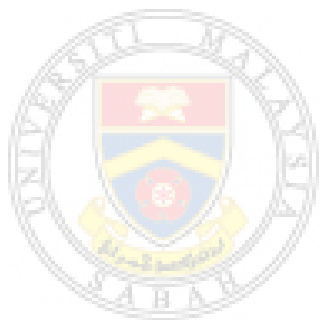


**EFFECT OF ORGANIC FERTILISERS ON THE  
YIELD AND QUALITY OF COCOA  
(*Theobroma cacao* L.) GROWN ON A  
VERTISOL**



**BONEY MUDA**

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**FACULTY OF SUSTAINABLE AGRICULTURE  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2019**

**EFFECT OF ORGANIC FERTILISERS ON THE  
YIELD AND QUALITY OF COCOA  
(*Theobroma cacao* L.) GROWN ON A  
VERTISOL**

**BONEY MUDA**



**THIS IS SUBMITTED IN PARTIAL  
FULFILLMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF AGRICULTURAL SCIENCE**

**FACULTY OF SUSTAINABLE AGRICULTURE  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2019**

**UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS**

JUDUL: **EFFECT OF ORGANIC FERTILISERS ON THE YIELD AND QUALITY OF COCOA (*Theobroma cacao* L.) GROWN ON A VERTISOL**

IJAZAH: **SARJANA SAINS PERTANIAN (PENGELUARAN TANAMAN)**

Saya **BONEY MUDA**, Sesi **2014-2019**, mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan ( / ):

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

/

TIDAK TERHAD

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan Oleh,

---

**BONEY MUDA**  
**MR1411001T**

---

(Tandatangan Pustakawan)

Tarikh : 16 September 2019

---

(Prof. Madya Dr. Azwan Awang)  
Penyelia Utama

---

(Datuk Hj. Mohd. Dandan @ Ame Hj. Alidin)  
Penyelia Bersama

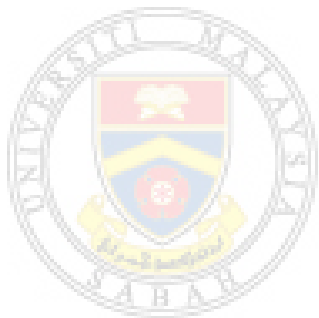
## DECLARATION

I hereby declare that this dissertation is based in my original work except for citations and quotations which have been duly acknowledged. I also declare that no part of this dissertation has been previously or concurrently submitted for a degree at this or any other university.

16<sup>th</sup> SEPTEMBER 2019

---

BONEY MUDA  
MR1411001T



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## CERTIFICATION

NAME : **BONEY MUDA**  
MATRIC NO. : **MR1411001T**  
TITLE : **EFFECT OF ORGANIC FERTILISERS ON THE  
YIELD AND QUALITY OF COCOA (*Theobroma  
Cacao* L.) GROWN ON A VERTISOL**  
DEGREE : **MASTER DEGREE OF AGRICULTURAL SCIENCE  
(CROP PRODUCTION)**  
VIVA VOCE DATE : **19 JULY 2019**



**1. SUPERVISOR**

Assoc. Prof Dr. Azwan Awang

**CERTIFIED BY;**

**UMS** Signature  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**2. CO - SUPERVISOR**

Datuk Hj. Mohd. Dandan @ Ame Hj. Alidin

## **ACKNOWLEDGEMENT**

First of all, I would like to express my sincere thanks to my supervisor, Prof. Madya Dr. Azwan Awang and co-supervisor, Datuk Hj. Mohd. Dandan @ Ame Hj. Alidin for their exemplary guidance, constant advices, greatly patience, wise tolerance, and kind supervision throughout the duration of this project. This thesis would not be the same as presented here without their help and supports. I, therefore, appreciated their consultation very much.

Furthermore, I am very thankful to the field assistants of Malaysian Cocoa Board Research Centre of Tawau and Madai, Kunak, especially Mr. Jenrry bin Sompokon and Mr. Mohd. Yusof Mohd. Yunus with their consistent support and assistance, as well as Mr. Shari Fuddin Sha'ari, who provided me with the equipment needed for this project in field. In addition, grateful acknowledgement to Dr. Rozita Osman and Puan Wan Aidah Wan Ibrahim for their help associated with technical operations in the open field and sensory analysis laboratory, respectively. Special appreciation extends to all my friends and colleagues for their help and moral support throughout of this project.

Last but not least, I would like to express my sincere appreciation to my dearest and supportive wife, Florence Anak Bayak, my beloved son, Brentley Kivaana Muda, my adorable daughter, Berkeley Botiza Muda, and to all my family members who always give spiritual support and unfailing love to me to enable the completion this dissertation.

Above all, to the Great Almighty, the Author of knowledge and wisdom, for His countless love, I thanked You.

Boney Muda

16<sup>th</sup> September 2019

## ABSTRACT

The use of fertiliser particularly for the inorganic fertilisers has increased annually to cope the global demand of crop production. Nevertheless, inorganic fertiliser is expensive and associated with the negative effects to the environment and soil health. Alternatively, organic materials can be composted and used as fertiliser. Although organic fertilisers have low nutrient concentration and solubility, organic fertilisers release nutrients slowly which makes them available for a longer period. Moreover, the waste by-products such as biomass and manure from plantation and livestock farms are available in abundance. By adopting proper composting methods, these abundant wastes can be optimally used particularly in cocoa plantation. This study was conducted at Field 21 (F21) of Malaysian Cocoa Board Research and Development Centre in Madai Kunak, Sabah for 27 months duration. The objective was to determine the effects of different types of fertilisers (T1 – Inorganic Fertiliser (control), T2 – Chicken Manure, T3 – Cow Manure, T4 – Empty Fruit Bunch, and T5 – Cocoa Pod Husk) and their frequency application (F1 – Every 4-months, and F2 – Every 2-Months). Design for the trial was Random Complete Block Design (RCBD) in 3 replicates with total of 30 experimental plots. The parameters were studied in three stages; pre-harvest (pod and bean analyses, production of cocoa, and soil and leaf sampling for chemical analyses), post-harvest processing (sugar and fat content, pH and titratable acidity analyses) and chocolate production. In addition, cost benefit analysis was also conducted for a comparative economic cost between the fertilisers. The results showed that there were no significant differences on the pod and bean quality, bean chemical characteristics, crop production, flavour attributes, soil chemical properties and leaf nutrient content between inorganic and organic fertilisers regardless of the frequency of application. However, the organic fertilisers significantly reduced bean acidity up to 90.9% compared to inorganic fertilisers which resulted in better chocolate flavour. Lastly, this study indicated that empty fruit bunch and cow manure treatment for every 4-months and 2-months application, respectively is the best treatments in providing the highest net income based on the cost benefit analysis compared to inorganic fertiliser treatment. Therefore, this study has clearly demonstrated that organic fertilisers were determined to be alternative to inorganic fertiliser and they are environmental-friendly.

## **ABSTRAK**

### **KESAN BAJA ORGANIK PADA HASIL DAN KUALITI KOKO (*Theobroma cacao L.*) YANG DITANAM DI TANAH VERTISOL**

Penggunaan baja terutamanya bagi baja bukan organik telah meningkat setiap tahun bagi menampung permintaan global untuk pengeluaran tanaman. Walau bagaimanapun, baja bukan organik adalah mahal dan sering dikaitkan dengan kesan negatif terhadap alam sekitar dan kesuburan tanah. Sebagai alternatif, bahan-bahan organik boleh dikompos dan digunakan sebagai baja. Walaupun baja organik mempunyai kepekatan dan kelarutan nutrien yang rendah, baja organik melepaskan nutrien secara perlahan-lahan yang menjadikannya ia tersedia lebih lama. Selain itu, produk sisa buangan seperti biomas dan najis dari ladang pertanian dan ladang ternakan boleh didapati dengan banyaknya, dan dengan menggunakan kaedah pengkomposan yang sesuai, sisa-sisa yang banyak ini dapat digunakan secara optimum terutamanya di ladang koko. Kajian telah dijalankan di Ladang 21 (F21) di Pusat Penyelidikan dan Pembangunan Koko, Madai, Kunak bagi tempoh 27 bulan. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kesan pelbagai jenis baja (T1 – Baja Bukan Organik (Kawalan), T2 – Najis Ayam, T3 – Najis Lembu, T4 – Tandan Sawit Kosong, dan T5 – Kulit Buah Koko) dan aplikasi frekuensinya (F1 – Setiap 2 Bulan, dan F2 – Setiap 4 Bulan). Reka bentuk untuk kajian ini adalah Reka Bentuk Blok Lengkap Rawak (RCBD) dalam 3 replikasi dengan sejumlah 30 plot eksperimen. Terdapat tiga peringkat kajian parameter dijalankan; sebelum tuaian (analisis buah dan biji, pengeluaran koko serta analisis kimia bagi sampel tanah dan daun), pemprosesan selepas tuaian (kandungan gula dan lemak, serta pH dan keasidan tertitrat analisis) dan penghasilan coklat. Di samping itu, analisis kos faedah juga dilakukan untuk perbandingan ekonomi antara baja tersebut. Keputusan menunjukkan bahawa tiada perbezaan pada kualiti buah dan biji, ciri kimia biji, pengeluaran tanaman, sifat rasa, sifat kimia tanah dan kandungan nutrien daun antara baja bukan organik dan baja organik tanpa mengambil kira kekerapan pembajaan. Walau bagaimanapun, baja organik secara signifikan telah mengurangkan keasidan biji sehingga 90.9% berbanding dengan baja bukan organik, yang memberikan rasa coklat yang lebih baik. Akhir sekali, kajian ini menunjukkan bahawa rawatan tandan sawit kosong dan najis lembu bagi taburan setiap 4 bulan dan 2 bulan merupakan rawatan yang terbaik dengan memberikan pendapatan bersih yang paling menguntungkan berdasarkan analisa kos faedah berbanding rawatan baja bukan organik. Maka, kajian ini dengan jelas menunjukkan bahawa baja organik terbukti boleh menjadi alternatif bagi baja bukan organik serta mesra alam.

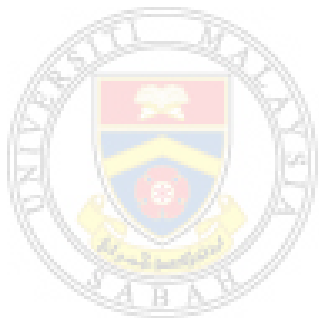


## TABLE OF CONTENTS

TITLE	Page
<b>DECLARATION</b>	ii
<b>CERTIFICATION</b>	iii
<b>ACKNOWLEDGEMENT</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>ABSTRAK</b>	vi
<b>TABLE OF CONTENTS</b>	vii
<b>LIST OF TABLES</b>	x
<b>LIST OF FIGURES</b>	xi
<b>LIST OF SYMBOLS, UNITS AND ABBREVIATIONS</b>	xii
<b>LIST OF APPENDICES</b>	xiv
<b>CHAPTER 1 INTRODUCTION</b>	
1.1 Cocoa industry in the world and Malaysia	1
1.2 Problem statement	3
1.3 Objective	6
1.4 Hypothesis	6
<b>CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW</b>	
2.1 <i>Theobroma cacao</i> L.	7
2.1.1 Maintenance of cocoa tree	10
2.1.2 Harvesting and pod breaking	11
2.1.3 Curing of cocoa and flavour precursor	12
2.1.4 Planting material – clone BR 25	12
2.2 Nutrient requirement of cocoa	13
2.2.1 Frequency, timing, placement and rate application of fertiliser	14
2.2.2 Types of fertilisers	15
2.2.2.1 Inorganic fertiliser	17
2.2.2.2 Organic fertiliser	19
2.2.2.3 Composting materials	20
(a) Cow manure	21
(b) Chicken manure	21
(c) Empty fruit bunch (EFB)	23
(d) Cocoa pod husk (CPH)	23
2.2.2.4 Effect of organic fertilisers on cocoa	25
(a) Effect on yield, pod and bean quality	25
(b) Effect on chemical changes in pulp and bean	25
(c) Effect on flavour attribute	26
(d) Effect on soil and leaf properties	27
2.3 Cost-Benefit Analysis	28

<b>CHAPTER 3 MATERIALS &amp; METHODS</b>		
3.1	Location of study	29
3.2	Period of study	29
3.3	Materials	30
3.4	Methods	31
3.4.1	Preparation of the field	31
3.4.2	Experimental design	33
3.4.3	Application of fertiliser treatments in the field	33
3.4.4	Time and placement of fertilizer application	34
3.4.5	Harvesting	35
3.4.6	Curing of cocoa	35
3.4.7	Flavour precursor	35
3.5	Parameters	35
3.5.1	Pre-harvest	36
	(a) Soil and leaf sampling for chemical analyses	36
	(b) Yield production	36
	(c) Pod and bean analyses	37
3.5.2	Post-harvest processing	37
	(a) Sugar content	37
	(b) Fat content	37
	(c) pH and titratable acidity	38
3.5.3	Chocolate production	38
	(a) Sensory evaluation	38
3.6	Statistical analysis	39
3.7	Cost-benefit analysis	39
<b>CHAPTER 4 RESULTS</b>		
4.1	Effect of different types and frequency of fertilizer application on pod and bean quality	40
4.2	Effect of different types and frequency of fertilizer application on the bean chemical characteristics	42
4.3	Effect of different types and frequency of fertilizer application on crop production	44
4.4	Effect of different types and frequency of fertilizer application on the flavour attributes	47
4.5	Effect of different types and frequency of fertilizer application on soil chemical properties and leaf nutrient content	49
4.6	Cost-benefit analysis for the various treatments	54
<b>CHAPTER 5 DISCUSSIONS</b>		
5.1	Effect of different types and frequency of fertilizer application on pod and bean quality	57
5.2	Effect of different types and frequency of fertilizer application on the bean chemical characteristics	59

5.3	Effect of different types and frequency of fertilizer application on crop production	61
5.4	Effect of different types and frequency of fertilizer application on the flavour attributes	62
5.5	Effect of different types and frequency of fertilizer application on soil chemical properties and leaf nutrient content	64
5.6	Effect of different types and frequency of fertilizers application on cost-benefit analysis	67
<b>CHAPTER 6 CONCLUSIONS &amp; RECOMMENDATIONS</b>		69
<b>REFERENCES</b>		71
<b>APPENDICES</b>		80



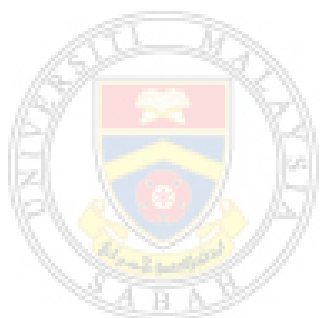
UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## LIST OF TABLES

		<b>Page</b>
Table 2.1	Technical information of BR 25 clone	13
Table 3.1	The initial chemical characteristics of 2 depths of soil at the experimental site	32
Table 3.2	The initial nutrient content of the cocoa leaves	32
Table 3.3	The combination of different types of fertilisers and frequency application	33
Table 3.4	The application rate and frequency for 5 treatments	34
Table 4.1	Mean of pod and bean quality parameters as affected by different types and frequency of fertiliser application	41
Table 4.2	Mean of bean chemical characteristics parameters as affected by different types and frequency of fertiliser application	43
Table 4.3	Mean weight of dried bean per month for different types and frequency of fertiliser application	45
Table 4.4	Monthly rainfall distribution from year 2015 – 2016	45
Table 4.5	Mean sensory evaluation score based on ranking of dark chocolates	49
Table 4.6	Mean of soil chemical properties in the topsoil (0 – 20 cm) as affected by different types and frequency of fertiliser application	51
Table 4.7	Mean of soil chemical properties in subsoil (20 – 40 cm) as affected by different types and frequency of fertiliser application	52
Table 4.8	Mean of leaf nutrient content as affected by different types and frequency of fertiliser application	53
Table 4.9	Cost-Benefit Analysis for different types of fertiliser applied at every 4-months	55
Table 4.10	Cost-Benefit Analysis for different types of fertiliser applied at every 2-months	56

## LIST OF FIGURES

	<b>Page</b>	
Figure 2.1	Picture of 7-year-old cocoa tree	8
Figure 2.2	Picture of cocoa flower	9
Figure 4.1	Yield dried bean and its cumulative production for the application of different types of fertiliser applied at every 4-months	46
Figure 4.2	Yield dried bean and its cumulative production for the application of different types of fertiliser applied at every 2-months	46
Figure 4.3	Interaction effect between frequencies of application for content of (a) topsoil (0 – 20 cm) N, (b) topsoil (0 – 20 cm) K and (c) subsoil (20 – 40 cm) K	50



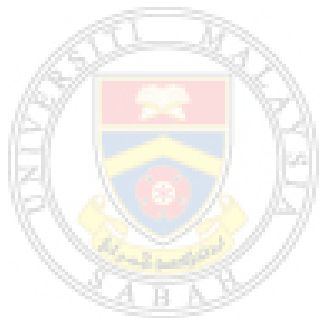
UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## LIST OF SYMBOLS, UNITS AND ABBREVIATIONS

<b>%</b>	Percentage
<b>ANOVA</b>	Analysis of Variance
<b>RCBD</b>	Randomized Complete Block Design
<b>K</b>	Potassium
<b>N</b>	Nitrogen
<b>P</b>	Phosphorus
<b>Ca</b>	Calcium
<b>Mg</b>	Magnesium
<b>B</b>	Boron
<b>Cu</b>	Copper
<b>Fe</b>	Iron
<b>Mn</b>	Manganese
<b>Zn</b>	Zinc
<b>Ni</b>	Nickel
<b>Cl</b>	Chloride
<b>CEC</b>	Cation Exchange Capacity
<b>C:N</b>	Carbon to Nitrogen Ratio
<b>TSP</b>	Triple Superphosphate
<b>MOP</b>	Muriate of Potash
<b>GML</b>	Ground Magnesium Limestone
<b>°N</b>	Degrees North
<b>°E</b>	Degrees East
<b>°C</b>	Degrees Celsius
<b>°brix</b>	Brix Value
<b>yr</b>	Year
<b>ha</b>	Hectare
<b>m</b>	Metre
<b>mm</b>	Millimetre
<b>cm</b>	Centimetre
<b>g</b>	Gram
<b>kg</b>	Kilogramme
<b>cmol</b>	Centimole
<b>ft</b>	Feet
<b>CHM</b>	Chicken Manure
<b>CM</b>	Cow Manure
<b>EFB</b>	Empty Fruit Bunch
<b>CPH</b>	Cocoa Pod Husk
<b>BR</b>	Balung River
<b>PYT</b>	Pod Yield Per Tree
<b>DBY</b>	Dry Bean Yield
<b>PW</b>	Pod Weight
<b>ADBW</b>	Average Dry Bean Weight

**BNP**  
**S.E.M**  
**RM**  
**POME**  
**CBA**

Bean Number Per Pod  
Standard Error of Mean  
Ringgit Malaysia  
Palm Oil Mill Effluent  
Cost-Benefit Analysis



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## LIST OF APPENDICES

	<b>Page</b>	
Appendix A	Preparation of the field	81
Appendix B	Information site of study	83
Appendix C	Soil and leaf sampling site of study	84
Appendix D	Application of treatments	85
Appendix E	Determination of yield production	86
Appendix F	Determination of pod and bean analysis	87
Appendix G	Determination of sugar content	88
Appendix H	Determination of fat content	89
Appendix I	Determination of pH and titratable acidity (TA)	90
Appendix J	Preparation of cocoa liquor and butter	91
Appendix K	Chocolate processing	92
Appendix L	Sensory evaluation analysis	93
Appendix M	Site visit with supervisor for observing the trial plots	94
Appendix N	Condition of experimental field before and after treatments	95
Appendix O	Statistical Analysis	96



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Kajian sedimentologi dan stratigrafi merupakan bidang utama yang diperlukan dalam menerangkan geologi sesuatu kawasan. Kajian mikropaleontologi terutamanya fosil foraminifera pula sangat penting dalam menyelesaikan masalah dalam stratigrafi dan sedimentologi. Kajian mikrofosil diperlukan untuk mengetahui usia atau masa proses pengendapan berlaku.

Terdapat beberapa kajian telah dilakukan mengenai sedimentologi dan stratigrafi kawasan Semenanjung Klias semenjak zaman sebelum kemerdekaan Sabah. Namun begitu, pada masa ini tiada kajian khusus yang memperincikan secara lanjut mengenai kelimpahan fosil foraminifera yang terdapat dalam batuan sedimen di sekitar Semenanjung Klias. Kawasan ini terdiri daripada batuan sedimen berusia Tertier yang tersingkap di sepanjang pantai dan juga cerun potongan yang bersebelahan dengan jalan raya. Hasil kajian menunjukkan bahawa terdapat kelimpahan fosil foraminifera dalam jujukan batuan turbidit yang boleh dikenalpasti dan berguna untuk kajian stratigrafi unit-unit batuan tersebut. Maka kajian ini lebih memfokuskan kepada kajian terperinci mengenai fosil foraminifera dari segi taksonomi, pengusiaan, analisis mikrofosil, himpunan foraminifera dan penentuan sekitaran pengendapan. Selain itu juga kajian mengenai stratigrafi dan sekitaran pengendapan jujukan turbidit yang terdapat di Semenanjung Klias juga turut dikaji dan diperincikan dan pentafsirannya adalah berdasarkan kepada kajian lapangan, analisis fasies, biostratigrafi dan biofasies.

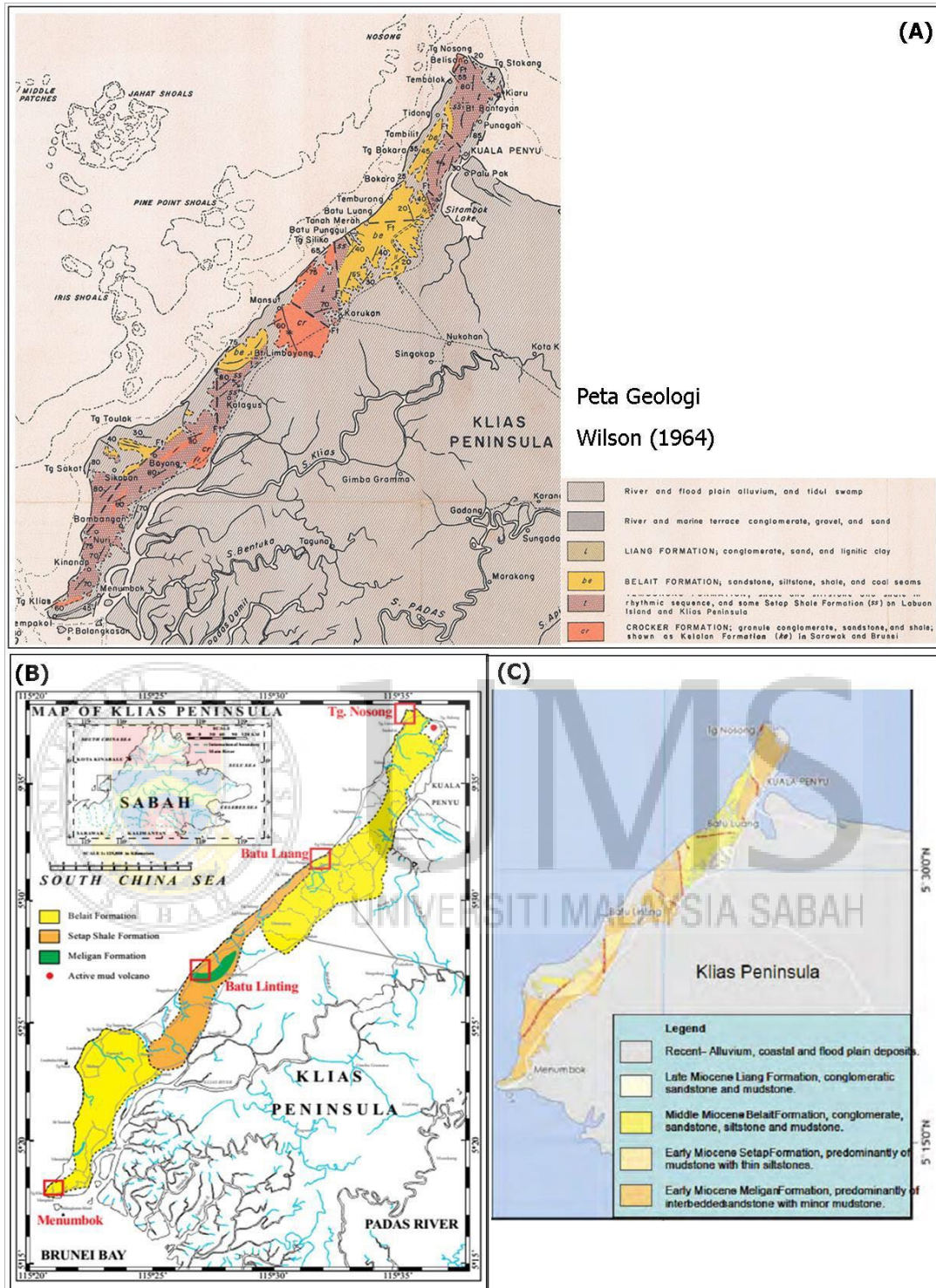
### **1.2 Permasalahan Kajian**

Geologi batuan yang terdedah di Semenanjung Klias mewakili sejarah geologi kawasan Barat Daya Sabah secara keseluruhannya yang bermula daripada 40 juta tahun mengikut skala geologi. Unit batuan geologi di kawasan Semenanjung Klias

boleh di bahagikan kepada dua unit utama antaranya ialah batuan tua iaitu jujukan sedimen laut dalam yang berusia Paleogen dan jujukan sedimen laut cetek yang berusia Neogen. Kedua-duanya dipisahkan oleh ketakselarasan yang major yang dikenali sebagai *Deep Regional Unconformity* (DRU) yang berusia Miosen Awal dan telah direkodkan dalam beberapa kajian terdahulu di bahagian daratan Barat Daya Sabah begitu juga di kawasan eksplorasi minyak di luar pesisir Barat Sabah (Brondijk, 1962; Levell, 1987). Formasi Crocker dan Formasi Temburong mewakili unit batuan tua dan sekitaran laut dalam manakala Formasi Belait, Formasi Setap Syal dan Formasi Liang pula mewakili unit batuan muda bersekitaran fluvial, delta dan sekitaran tepi pantai (Liechti *et al.*, 1960; Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah, 2014; Wilson, 1964).

Cabaran utama dalam kajian geologi Semenanjung Klias adalah penggunaan litostratigrafi untuk mengenalpasti dan menerangkan sesuatu batuan. Ahli-ahli geologi yang berlainan sebelum ini telah mengkaji geologi kawasan Semenanjung Klias dan mempunyai unit geologi yang sama tetapi menggunakan penamaan formasi yang berlainan. Lantas ini memberikan tafsiran sekitaran pengendapan yang berbeza-beza untuk satu kawasan yang sama dan singkapan yang sama. Batuan sedimen di Semenanjung Klias terdiri daripada Formasi Crocker, Formasi Temburong, Formasi Syal Setap, Formasi Belait dan Formasi Liang dan telah pun dikaji oleh beberapa pengkaji sebelum ini (Wilson, 1964; Tan, 2010; Balaguru & Lukie, 2012; Lukie & Balaguru, 2012; Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah & Sanudin Tahir, 2013; Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah, 2014). Pemetaan geologi terawal di kawasan Semenanjung Klias dihasilkan oleh Wilson (1964) dan berpendapat bahawa terdapat empat formasi iaitu Formasi Crocker, Formasi Temburong, Formasi Syal Setap dan Formasi Belait (Rajah 1.1).

Peta geologi yang dikeluarkan oleh Yin (1985) memunjukkan taburan batuan di Semenanjung Klias lebih kurang sama dengan Wilson (1960). Tan (2010) melaporkan tiga formasi sahaja iaitu Formasi Syal Setap, Formasi Meligan dan Formasi Belait (Rajah 1.1 B). Formasi Temburong dan Formasi Crocker dalam Wilson (1964) yang berada di bahagian tengah Semenanjung Klias dikelaskan sebagai Formasi Syal Setap dan bahagian selatan pula dikelaskan sebagai sebahagian daripada Formasi Belait. Tan (2010) memperkenalkan Formasi Meligan yang terdapat di kawasan Bukit Linting yang dahulunya dikelaskan sebagai Formasi Belait oleh Wilson (1964).



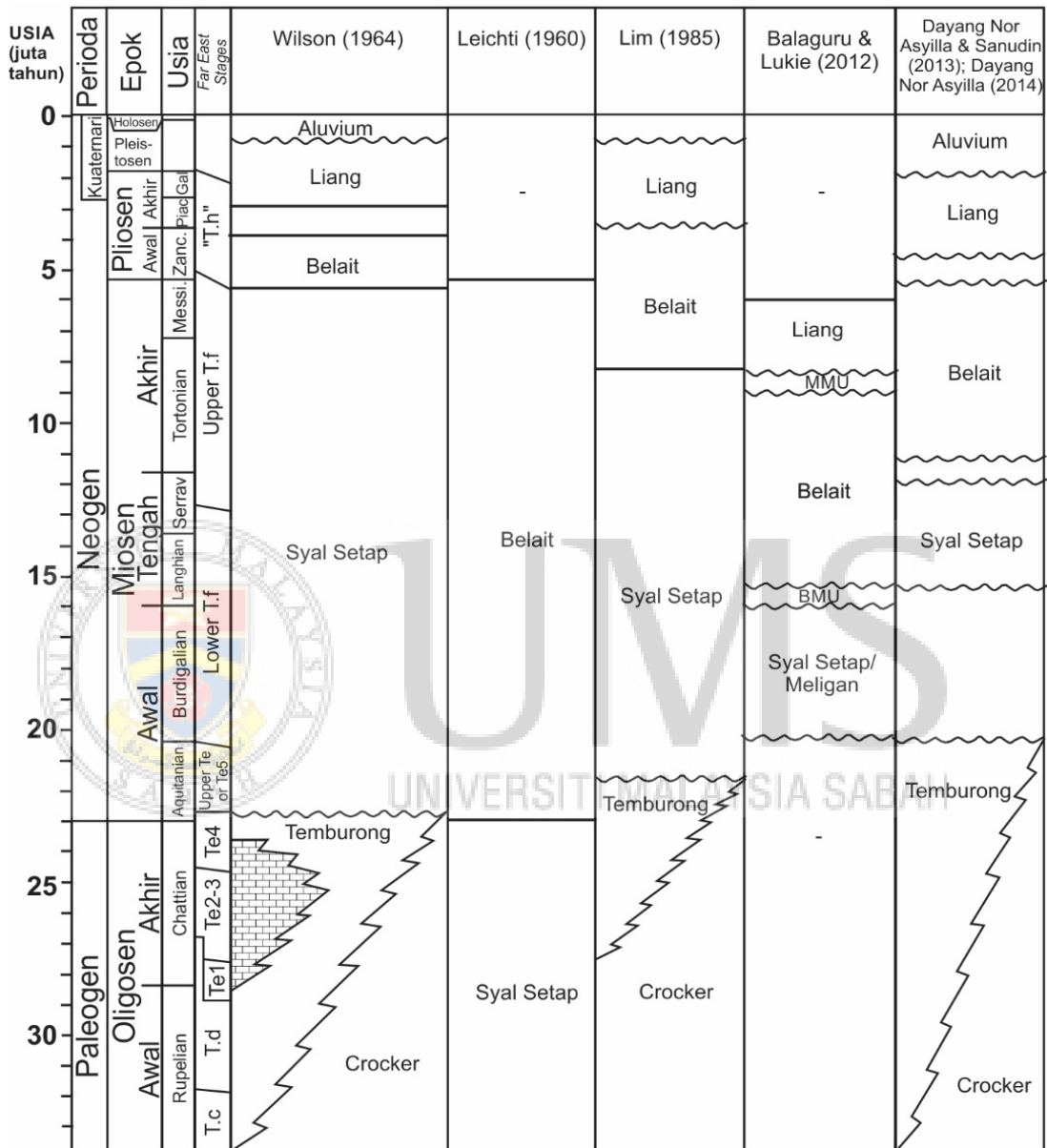
**Rajah 1.1: Peta Geologi kawasan Semenanjung Klias yang dihasilkan oleh pengkaji terdahulu. (A) Wilson (1964) yang menunjukkan lima formasi iaitu Crocker, Temburong, Setap Syal, Belait dan Liang di Kawasan Semenanjung Klias. (B) Tan (2010) pula menunjukkan tiga formasi sahaja iaitu Belait, Meligan dan Setap Syal, (C) Balaguru & Lukie (2012) pula mencadangkan empat formasi iaitu Meligan, Setap Syal, Belait dan Liang**

Balaguru dan Lukie (2012) juga mengeluarkan Formasi Temburong dan digantikan dengan Formasi Meligan terutamanya di kawasan selatan dan utara Semenanjung Klias dan melaporkan kehadiran Formasi Liang di kawasan tersebut (Rajah 1.1 C). Kehadiran Formasi Liang juga dilaporkan oleh Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah & Sanudin Tahir (2013) dan dalam penulisan tesis yang tidak diterbitkan oleh Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah (2014) masih mengekalkan Formasi Crocker dan Formasi Temburong tetapi sedikit berbeza dengan taburan formasi dalam Wilson (1964). Ketidakterseragaman hasil pemetaan geologi ini menunjukkan bahawa terdapat banyak persoalan untuk menyelesaikan masalah geologi di kawasan kajian. Maka kajian ini mengkaji singkapan yang terdapat di Semenanjung Klias dari segi unit batuan dan sebarannya di kawasan kajian terutamanya yang melibatkan Formasi Temburong dan Formasi Crocker.

Stratigrafi kawasan Klias yang melibatkan Formasi Temburong dan Formasi Crocker juga menjadi topik perbincangan hangat ahli geologi selama ini. Terdapat perbezaan tafsiran berkenaan dengan stratigrafi kawasan ini. Stratigrafi Semenanjung Klias yang terawal diperkenalkan oleh Wilson (1964) dan boleh dilihat pada Rajah 1.2. Walaupun telah banyak kajian stratigrafi dilakukan di Semenanjung Klias seperti Balaguru dan Lukie (2012, 2012), Tan (2010), Dayang Nor Asyilla Abang (2014). Namun begitu, tidak banyak kajian terperinci mengenai mikrofosil atau foraminifera dalam batuan sedimen yang telah dilakukan oleh pengkaji terdahulu. Pembinaan stratigrafi oleh pengkaji terdahulu tidak banyak berdasarkan kepada bukti fosil yang diperolehi dari kawasan kajian, sebaliknya semuanya hanya berdasarkan bukti cerapan lapangan melalui tafsiran sedimentologi. Kajian mengenai kehadiran mikrofosil seperti foraminifera amat berguna untuk menyelesaikan masalah stratigrafi di sesuatu kawasan.

Foraminifera bukan sahaja dapat menentukan usia batuan malah ia juga boleh digunakan untuk kajian penentuan sekitaran pengendapan sesuatu formasi. Kajian ini menunjukkan terdapat kelimpahan fosil foraminifera yang terdapat di Semenanjung Klias terutamanya dalam Formasi Crocker dan Formasi Temburong, Maka banyak persoalan dalam kajian foraminifera ini, seperti; apakah perincian spesies foraminifera yang hadir dalam Formasi Crocker dan Formasi Temburong di kawasan kajian, Apakah fosil penunjuk usia bagi mewakili formasi tersebut, apakah yang menyebabkan himpunan fosil dan sekitaran pembentukannya yang terdapat dalam formasi tersebut. Apakah kaitan atau impak kajian himpunan fosil terhadap

proses sedimentologi dan juga stratigrafi Formasi Crocker dan Temburong di Semenanjung Klias. Maka dengan itu, kajian ini memfokuskan kepada kajian foraminifera yang terdapat dalam batuan sedimen di Semenanjung Klias.



**Rajah 1.2: Turus Stratigrafi kawasan Semenanjung Klias atau Kawasan Barat Daya Sabah daripada beberapa pengkaji terdahulu (Wilson 1964; Leichti 1960); Lim 1985; Balaguru & Lukie 2012; Dayang Nor Asyilla & Sanudin 2013; Dayang Nor Asyilla 2014). Aluvium = Endapan Aluvium, Liang = Formasi Liang, Belait = Formasi Belait, Syal Setap = Formasi Syal Setap, Meligan = Formasi Meligan, Temburong = Formasi Temburong, Crocker = Formasi Crocker. Skala Masa Geologi berpandukan kepada Lunt (2013). MMU = Middle Miocene Unconformity, BMU = Base Miocene Unconformity.**

Hanya Wilson (1964) yang melaporkan kajian foraminifera untuk menentukan usia dan stratigrafi Formasi Temburong berdasarkan fosil foraminifera planktonik. Tetapi jika dilihat pada laporan Wilson (1964), kebanyakan sampel syal dan batu kapur diambil di kawasan sekitar Lembah Padas, Tenom dan Sipitang untuk Formasi Temburong. Penentuan Usianya juga masih menggunakan skema *Letter Stage* iaitu zon foraminifera yang selalunya digunakan untuk foraminifera bentos besar. Rujukan terkini untuk fosil indeks foraminifera planktonik pada masa ini selalunya menggunakan zon Blow (1969; 1979) dan Wade et al., (2011).

Foraminifera agglutinat juga dilaporkan oleh Wilson (1964) namun pengenalanpastian foraminifera hanya pada peringkat genus sahaja. Kajian sekarang mengenalpasti spesies foraminifera bentos beragglutinat dan juga berkalka sehingga peringkat spesies dan ini sangat penting kerana beberapa spesies boleh dijadikan penunjuk paleosekitaran, zon kedalaman atau batimetri suatu formasi.

Selain itu penamaan litostratigrafi bagi Formasi Temburong, perlu dikaji semula. Ini kerana nama lokaliti yang digunakan untuk nama formasi adalah daripada kawasan negara Brunei. Adalah dicadangkan agar menggunakan singkapan penjenis yang berada di Sabah untuk mewakili formasi ini contohnya Formasi Temburong diubahsuai menjadi Formasi Tenom seperti mana dalam Wilson (1964) yang mengambil singkapan penjenis bagi Formasi Temburong daripada Tenom Gorge.

Kajian sedimentologi di kawasan ini telah dilakukan oleh beberapa pengkaji sebelum ini (Drahaman, 1999; Tan 2010; Balaguru & Lukie, 2012, Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah & Sanudin Tahir, 2012, 2013; Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah, 2014). Kajian sedimentologi untuk membezakan Formasi Temburong dan Formasi Crocker dan kewujudan Formasi Syal Setap juga menjadi topik perbincangan yang hangat. Formasi Temburong dan Crocker tidak mempunyai perbezaan banyak jika dilihat dari segi fasies sekitaran pengendapannya. Namun begitu kedua-duanya unit batuan ini boleh dibezakan dengan melihat pencirian fasies. Formasi Temburong mempunyai fasies yang lebih berargilit yang kaya dengan Tc-Te manakala Formasi Crocker lebih berarenit atau berpasir dan dominan struktur Ta-Te iaitu kedua-duanya adalah sekitaran laut dalam (Muhd Nur Ismail 2015).

Dayang Nor Asyilla Abang Abdullah (2014) memetakan kawasan Formasi Temburong hanya tertumpu di kawasan tengah Semenanjung Klias dan hanya

sekutuan fasies dataran lembangan yang mewakili formasi tersebut. Manakala Formasi Crocker, taburannya luas bermula daripada bahagian tengah Semenanjung Klias sehingga kawasan Selatan Semenanjung Klias. Tetapi kajian lapangan menunjukkan Formasi Crocker yang mempunyai fasies pasir dominan hanya tersingkap di kawasan Batu Linting dan Formasi Temburong yang merupakan fasies lumpur dominan tersebar luas dari bahagian tengah hingga ke Selatan kawasan kajian. Terdapat beberapa singkapan baru yang dicerap dan analisis fasies dilakukan untuk menentukan sekitaran pengendapan Formasi Crocker dan Formasi Temburong di kawasan kajian.

Permasalahan stratigrafi dan sedimentologi Formasi Crocker dan Formasi Temburong di kawasan Semenanjung Klias boleh dirungkai sekiranya terdapat satu kajian menyeluruh dengan mengambil kira banyak singkapan daripada unit-unit batuan berikut yang tertabur diseluruh Semenanjung Klias. Kajian litofasies berdasarkan log batuan untuk setiap singkapan perlu dilakukan. Fosil sebagai petunjuk usia dan sekitaran juga dapat menyokong bukti sekitaran sesuatu formasi.

### **1.3 Objektif Kajian**

- a. Menganalisis fasies untuk menghasilkan model sekitaran pengendapan bagi jujukan turbidit di kawasan kajian.
- b. Perincian taksonomi bagi fosil foraminifera dan menentukan usia jujukan turbidit Oligo-Miosen di Semenanjung Klias Selatan serta penentuan sekitaran pengendapan berdasarkan mikrofosil foraminifera.
- c. Membina semula (*reconstruct*) turus stratigrafi di Semenanjung Klias Selatan.

### **1.4 Kepentingan Kajian**

Kepentingan kajian ini dapat dilihat dalam tiga bidang ilmu utama iaitu kajian foraminifera, sedimentologi dan stratigrafi kawasan Semenanjung Klias. Oleh itu berikut adalah kepentingan kajian yang telah dikenalpasti:

- a. Satu pemetaan geologi yang terperinci dan terkini dilakukan untuk menunjukkan taburan Formasi Crocker dan Formasi Temburong di Semenanjung Klias. Pemetaan geologi ini penting kerana terdapat beberapa singkapan yang mewakili formasi-formasi tersebut.

- b. Satu pangkalan data mengenai kelimpahan fosil foraminifera yang terdapat di Semenanjung Klias yang merangkumi formasi Paleogen dan Neogen yang terdiri daripada fosil planktik, bentos besar dan bentos kecil. Pangkalan ada ini akan disimpan dan boleh digunakan untuk kajian lanjut seperti korelasi spesies kepada spesies yang terdapat yang kawasan lain.
- c. Menyediakan hasil kajian sedimentologi yang terperinci terhadap setiap formasi di kawasan kajian daripada pencirian dan pengelasan fasies dan taburannya.
- d. Satu turus stratigrafi dihasilkan untuk mewakili kawasan Semenanjung Klias. Turus stratigrafi ini adalah berdasarkan kajian pengusiaan daripada biostratigrafi fosil foraminifera dan juga kajian litostratigrafi yang menunjukkan sempadan batuan antara Formasi Crocker dan Formasi Temburong yang dicerap di lapangan.
- e. Satu model pengendapan yang ideal untuk menceritakan sejarah geologi formasi endapan Formasi Crocker dan Formasi Temburong yang berlaku pada masa lampau di Semenanjung Klias.

Hasil daripada kajian ini boleh memberikan faedah kepada eksplorasi minyak yang berlaku tidak jauh daripada kawasan ini iaitu di perairan barat Sabah. Ini kerana kebanyakan eksplorasi minyak tertumpu kepada batuan endapan Neogen dan Paleogen.

## **1.5 Kawasan Kajian**

### **1.5.1 Lokasi dan Geografi Kawasan Kajian**

Kawasan kajian terletak bahagian barat daya negeri Sabah iaitu dikenali sebagai Semenanjung Klias yang dibatasi oleh garis latitud  $5^{\circ}18' U$  hingga  $5^{\circ}40' U$  dan longitud  $115^{\circ}20' T$  hingga  $115^{\circ}38' T$  (Rajah 1.2). Kawasan kajian di sempadani oleh Laut China Selatan dan di bahagian barat bersebelahan dengan Pulau Labuan. Di bahagian selatannya pula terletaknya Teluk Brunei.

Keluasan kajian penulis adalah lebih kurang 1300 kilometer persegi. Terdapat dua penempatan utama di kawasan kajian iaitu Kuala Penyu yang terletak di bahagian utara dan Pekan Menumbok yang terletak di kawasan Selatan. Masing-masing boleh dihubungkan dengan menggunakan jalan darat. Jarak daripada Kota Kinabalu adalah lebih Kurang 150 km.