



**UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**KESAN CAMPURAN BAJA KIMIA P LARUT DAN BATUAN  
FOSFATERHADAP ANAK BENIH KELAPA SAWIT**

**ROSMARINA BINTI AHMAD KHARIRI**

**FP 1999 25**

**KESAN CAMPURAN BAJA KIMIA P LARUT DAN BATUAN  
FOSFAT TERHADAP ANAK BENIH KELAPA SAWIT**

**Oleh**

**ROSMARINA BINTI AHMAD KHARIRI**

**Penyerahan Tesis bagi Memenuhi Keperluan untuk Mendapatkan  
Ijazah Master Sains Pertanian di Fakulti Pertanian,  
Universiti Putra Malaysia**

**April 1999**



Khas buat .....

Mak, Ida dan Ita ...

Abang .....

Terima kasih di atas dorongan yang telah diberikan.

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur ke hadrat Allah kerana dengan limpah kurniaNya, dapat saya menjalankan penyelidikan dan seterusnya menyiapkan penulisan projek ini.

Jutaan terima kasih diucapkan kepada penyelia saya Prof Madya Dr Aminuddin Hussin selaku pengerusi jawatankuasa penyeliaan yang telah banyak memberikan bimbingan, tunjukajar serta teguran sepanjang saya menjalankan penyelidikan ini. Di sini juga saya ingin mengucapkan berbilang-banyak terima kasih kepada Dr Mohd Hanafi Musa selaku ahli jawatankuasa penyeliaan di atas bimbingan dan teguran yang diberikan. Buat Dr Zin Zawawi Zakaria, terima kasih di atas pertolongan yang telah diberikan.

Ucapan terima kasih juga ditujukan buat kak Rusnah yang telah banyak membantu saya di makmal. Buat Kak Zana dan Andy serta kakitangan Kimia Tanah yang pernah memberikan bantuan, terima kasih di atas bantuan dan pertolongan yang telah diberikan.

Akhir sekali, tak lupa buat kakitangan Jabatan Sains Tanah yang terlibat dan memberikan kerjasama sepanjang saya menjalankan penyelidikan ini.

## JADUAL KANDUNGAN

	<b>Halaman</b>
PENGHARGAAN .....	iii
SENARAI JADUAL .....	vii
SENARAI RAJAH .....	ix
SENARAI SINGKATAN .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT .....	xvii
<b>BAB</b>	
<b>I      PENGENALAN .....</b>	<b>1</b>
<b>II     KAJIAN BAHAN BERTULIS .....</b>	<b>6</b>
Batuan Fosfat .....	6
Ciri-ciri Kimia dan Mineralogi Batuan Fosfat .....	7
Pelarutan dan Kereaktifan Batuan Fosfat .....	11
Kesan Pelarutan Batuan Fosfat ke atas Ciri-ciri Kimia Tanah .....	16
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pelarutan dan Kecekapan Batuan Fosfat .....	18
Ujian Pelepasan P dari Batuan Fosfat .....	25
Campuran Superfosfat dan Batuan Fosfat .....	27
Baja Kimia P .....	31
Pelarutan Baja Kimia P .....	32
Tindakbalas Kelapa Sawit Terhadap Baja P .....	33
Status P di dalam Tanah .....	34
Pecahan Fosforus Tanah .....	37
Fos forus sebagai Nutrien Tanaman .....	39
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengambilan P oleh Tanaman .....	40
Ringkasan .....	41
<b>III    BAHAN DAN KAEDAH .....</b>	<b>44</b>
Tanah .....	44
Batuan Fosfat dan Baja Kimia P .....	46
Penyediaan Campuran TSP/CIPR .....	47
Pelepasan P dari CIPR, TSP dan Campuran TSP/CIPR di dalam Tanah .....	47
Pengaruh Ca dan pH ke atas Pelepasan P dari CIPR, TSP dan TSP/CIPR di dalam Tanah .....	50

Pengaruh Ca ke atas Pelepasan P dari CIPR, TSP dan Campuran TSP/CIPR .....	51
Pengaruh pH ke atas Pelepasan P dari CIPR, TSP dan Campuran TSP/CIPR .....	51
Pengaruh CIPR, TSP dan TSP/CIPR ke atas Tumbesaran Anak Benih Kelapa Sawit di Rumahkaca .....	53
Penyediaan Tanah, Rawatan dan Penjagaan .....	53
Persampelan Tanah dan Tanaman .....	55
Analisa Tanah .....	55
Analisa Tisu .....	56
Analisa Statistik .....	56
<b>IV KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN .....</b>	<b>57</b>
Sifat-sifat Kimia Tanah dan Baja .....	57
Pelepasan P dari CIPR, TSP dan Campuran TSP/CIPR di dalam Tanah .....	62
$\Delta P$ .....	62
$\Delta Ca$ .....	68
$\Delta pH$ .....	72
Pelarutan Baja di dalam Tanah .....	74
Pengaruh Ca Terhadap Pelepasan P di dalam Tanah Siri Munchong .....	78
$\Delta P$ .....	78
$\Delta pH$ .....	81
Pengaruh Ca Terhadap Pelepasan P di dalam Tanah Siri Merhamah .....	82
$\Delta P$ .....	82
$\Delta pH$ .....	85
Pengaruh pH Terhadap Pelepasan P di dalam Tanah Siri Munchong .....	85
$\Delta P$ .....	85
$\Delta Ca$ .....	90
Pengaruh pH Terhadap Pelepasan P di dalam Tanah Siri Merhamah .....	92
$\Delta P$ .....	92
$\Delta Ca$ .....	95
Kesan CIPR, TSP dan TSP/CIPR ke atas Tumbesaran Anak Benih Kelapa Sawit di Rumahkaca .....	96
Berat Kering Tanaman .....	96
Kepekatan P di dalam Tisu .....	99
Pengambilan P Tanaman .....	101
Kepekatan Ca di dalam Tisu .....	103
Pengambilan Ca Tanaman .....	105
Pengekstratan Sisa P di dalam Tanah .....	106
$\Delta pH$ .....	121
Kajian Korelasi .....	122

<b>V</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	128
	<b>RUJUKAN</b> .....	131
	<b>LAMPIRAN</b> .....	143
	Lampiran A .....	144
	<b>BIODATA DIRI</b> .....	161



## SENARAI JADUAL

<b>Jadual</b>		<b>Halaman</b>
1	Komposisi Kimia Batuan Fosfat North Carolina dan Missouri .....	8
2	Klasifikasi Kereaktifan Batuan Fosfat untuk digunakan Secara Terus Berdasarkan Kelarutan di dalam Asid Sitrik, Asid Formik dan Ammonium Sitrat .....	13
3	Rawatan digunakan di dalam Kajian .....	49
4	Rawatan dan Kadar Ca yang digunakan .....	52
5	Pembajaan Asas bagi Tanaman Kelapa Sawit .....	54
6	Ciri-ciri Kimia Tanah Siri Munchong dan Tanah Siri Merhamah yang digunakan di dalam Kajian .....	58
7	Jumlah P dan Ca serta Kelarutan Baja di dalam Asid .....	60
8	Peratus Pelarutan Baja di dalam Tanah Siri Munchong dan Tanah Siri Merhamah .....	75
9	Berat Kering Anak Benih Kelapa Sawit pada 9 Bulan di Rumahkaca .....	97
10	Kepekatan P di dalam tisu Anak Benih Kelapa Sawit pada 9 bulan di Rumahkaca .....	100
11	Pengambilan P oleh Anak Benih Kelapa Sawit pada 9 Bulan di Rumahkaca .....	102
12	Kepekatan Ca di dalam Tisu Anak Benih Kelapa Sawit pada 9 Bulan di Rumahkaca .....	104
13	Pengambilan Ca oleh Anak Benih Kelapa Sawit pada 9 Bulan di Rumahkaca .....	106
14	Korelasi Koefisen ( $r^2$ ) di antara Setiap Kaedah pada Tempoh 6. 7. 8 dan 9 Bulan Persampelan .....	123



15	Korelasi Koefisien ( $r^2$ ) di antara Berat Kering Tanaman, Kepekatan P di dalam Tisu dan Pengambilan P Tanaman dengan Kaedah Bray 2, Olsen, $\Delta P$ dan Kepingan $P_i$ pada Tempoh 9 Bulan .....	125
16	Perubahan P dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Munchong .....	145
17	Perubahan P dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Merhamah .....	146
18	Perubahan Ca dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Munchong .....	147
19	Perubahan Ca dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Merhamah .....	148
20	Pengaruh Ca Terhadap $\Delta P$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Munchong .....	149
21	Pengaruh Ca Terhadap $\Delta P$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Merhamah .....	150
22	Pengaruh pH Terhadap $\Delta P$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Munchong .....	151
23	Pengaruh pH Terhadap $\Delta Ca$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Munchong .....	152
24	Pengaruh pH Terhadap $\Delta P$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Merhamah .....	153
25	Pengaruh pH Terhadap $\Delta Ca$ dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR di dalam Tanah Siri Merhamah .....	154
26	Bray P pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit .....	155
27	Olsen P pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit .....	156
28	Kepingan $P_i$ pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit...	157
29	Perubahan P pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit..	158
30	Perubahan Ca pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit ..	159
31	Perubahan pH pada Tanah yang ditanam dengan Kelapa Sawit ..	160



## SENARAI RAJAH

Rajah		Halaman
1	Skema penyediaan campuran TSP/CIPR .....	48
2	Perubahan P dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah Munchong dan Merhamah pada 90 hari .....	63
3	Perubahan P dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah Munchong dan Merhamah pada 90 hari .....	65
4	Perubahan Ca dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	70
5	Perubahan Ca dari TSP, CIPR dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	71
6	Hubungan di antara pelarutan yang didapati berdasarkan $\Delta Ca$ dan $\Delta P$ .....	77
7	Pengaruh Ca terhadap perubahan P dari CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	79
8	Pengaruh Ca terhadap perubahan P dari TSP/CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	79
9	Pengaruh Ca terhadap perubahan P dari CIPR di dalam tanah Merhamah pada 90 hari .....	83
10	Pengaruh Ca terhadap perubahan P dari TSP/CIPR di dalam tanah Merhamah pada 90 hari .....	83
11	Pengaruh pH terhadap perubahan P dari CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	87
12	Pengaruh pH terhadap perubahan P dari TSP/CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	87
13	Pengaruh pH terhadap perubahan Ca dari CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	91

14	Pengaruh pH terhadap perubahan Ca dari TSP/CIPR di dalam tanah Munchong pada 90 hari .....	91
15	Pengaruh pH terhadap perubahan P dari CIPR di dalam tanah Merhamah pada 90 hari .....	94
16	Pengaruh pH terhadap perubahan P dari TSP/CIPR di dalam tanah Merhamah pada 90 hari .....	94
17	Bray P dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	108
18	Bray P dari CIPR, TSP dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	110
19	Olsen P dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	112
20	Olsen P dari CIPR, TSP dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	113
21	Perubahan P dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	116
22	Perubahan P dari CIPR, TSP dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	117
23	Perubahan Ca dari CIPR (a), TSP (b) dan TSP/CIPR (c) di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	119
24	Perubahan Ca dari CIPR, TSP dan TSP/CIPR dengan kadar pemberian baja 200 mg/kg di dalam tanah yang ditanam kelapa sawit pada tempoh 9 bulan .....	121



## SENARAI SINGKATAN

AA	-	Auto Analyser
AAS	-	Atomic Absorption Spectrophotometer
ANOVA	-	Analysis of Variance
CEC	-	Cation Exchange Capacity
CIPR	-	Christmas Island Phosphate Rock
CPR	-	Capinota Phosphate Rock
CRD	-	Completely Randomise Design
DMRT	-	Duncan's Multiple Range Test
FAO	-	Food and Agriculture Organisation of United Nations
GPR	-	Gafsa Phosphate Rock
HRU	-	Highland Research Unit
HPR	-	Huila Phosphate Rock
JPR	-	Jordanian Phosphate Rock
KPK	-	Kadar Pertukaran Kation
MCP	-	Monocalcium Phosphate
MPR	-	Moroccan Phosphate Rock
MOP	-	Muriate of Potash
NCPR	-	North Carolina Phosphate Rock
PORLA	-	Palm Oil Registration and Licensing Authority
PORIM	-	Palm Oil Research Institute of Malaysia
SSP	-	Single Superphosphate
TSP	-	Triple Superphosphate



$\Delta P$  - Perubahan P  
 $\Delta Ca$  - Perubahan Ca  
 $\Delta pH$  - Perubahan pH

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia sebagai memenuhi syarat keperluan untuk ijazah Master Sains Pertanian.

**KESAN CAMPURAN BAJA KIMIA P LARUT DAN BATUAN FOSFAT  
TERHADAP ANAK BENIH KELAPA SAWIT**

Oleh

**ROSMARINA BINTI AHMAD KHARIRI**

**April 1999**

**Pengerusi : Profesor Madya Aminuddin Hussin, Ph.D**

**Fakulti : Pertanian**

Penggunaan campuran baja kimia P larut dan batuan fosfat adalah satu cara untuk meningkatkan kecekapan batuan fosfat yang kurang reaktif. Adalah perlu untuk mengetahui pelepasan P dari campuran baja dan juga kecekapan campuran baja kimia P larut dan batuan fosfat di dalam membekalkan P kepada tanaman serta faktor-faktor tanah yang mungkin mempengaruhi pelepasan P dari campuran baja kimia P dan batuan fosfat.

Baja tripel superfosfat (TSP) sebagai baja kimia P larut dan batuan fosfat kepulauan Krismas (CIPR) sebagai sumber batuan fosfat telah digunakan untuk kajian ini. Anak benih kelapa sawit digunakan sebagai tanaman ujian. Tanah siri Munchong yang berasid (Tropeptic Haplorthox) dan tanah siri Merhamah yang berpH tinggi (Oxyaquic Hapludalf) digunakan di dalam kajian. Selaras dengan itu, tujuan kajian dijalankan adalah : (i) untuk menyukat pelepasan P dari campuran batuan fosfat dan baja kimia P

larut di dalam tanah, (ii) untuk menilai kesan Ca dan pH di dalam tanah ke atas pelepasan P dari campuran batuan fosfat dan baja kimia P larut dan (iii) untuk menilai kesan campuran baja ke atas tumbesaran anak benih kelapa sawit.

Kajian yang dijalankan di makmal menunjukkan pelepasan P dari campuran TSP/CIPR adalah 29.4 - 100% lebih tinggi dibanding dengan pelepasan P dari CIPR sahaja pada tanah berasid dan 59.0 - 100% lebih tinggi dari CIPR pada tanah pH tinggi sewaktu tempoh pemeraman selama 90 hari. Seperti juga CIPR, pelarutan TSP/CIPR adalah tinggi dengan kadar pemberian yang rendah dan menjadi perlahan dengan kadar pemberian yang tinggi.

Pelarutan campuran TSP/CIPR pada tanah siri Munchong adalah 100% lebih tinggi dari tanah siri Merhamah. Pelarutan dan pelepasan P dari baja yang lebih tinggi pada tanah Munchong adalah disebabkan oleh perbezaan beberapa ciri kedua-dua tanah yang mungkin mempengaruhi pelarutan baja, antaranya adalah pH tanah, tukarganti Ca, kandungan Fe serta Al terekstrak, KPK tanah dan juga bahan organik tanah.

Pelepasan P dari campuran TSP/CIPR dipengaruhi oleh beberapa ciri tanah. Di antaranya adalah kandungan tukarganti Ca dan juga pH tanah. Kandungan tukarganti Ca yang tinggi di dalam tanah menghadkan pelarutan batuan fosfat dan pelarutan campuran TSP/CIPR. Pelepasan P dari TSP/CIPR adalah tinggi pada tanah yang mempunyai Ca di dalam larutan tanah yang

rendah. pH tanah yang tinggi juga menghadkan pelepasan P dari campuran TSP/CIPR. Pelarutan campuran TSP/CIPR lebih tinggi dalam keadaan tanah berasid. Seperti juga batuan fosfat, penggunaan campuran TSP/CIPR adalah lebih sesuai pada tanah yang mempunyai kurang unsur Ca dan pada tanah yang berasid.

Kajian di rumahkaca dengan menggunakan tanah siri Munchong menunjukkan penggunaan campuran TSP/CIPR lebih berkesan dari penggunaan CIPR sahaja bagi membekalkan P tersedia kepada tanaman kelapa sawit. Pelarutan campuran TSP/CIPR adalah 67.1 - 100% lebih tinggi dari pelarutan CIPR sahaja di antara tempoh 6 hingga 9 bulan kajian. Ini menunjukkan keputusan kajian dirumahkaca adalah selari dengan keputusan kajian pemeraman di makmal.

Walaupun campuran TSP/CIPR membekalkan P tersedia kepada anak benih kelapa sawit adalah lebih tinggi berbanding pemberian CIPR sahaja, tetapi kesan campuran TSP/CIPR tidak begitu ketara terhadap tumbesaran anak benih kelapa sawit. Pemberian baja P tidak begitu mempengaruhi tumbesaran anak benih kelapa sawit pada peringkat ini.

Keputusan keseluruhan kajian menunjukkan kecekapan campuran TSP/CIPR adalah lebih tinggi dibanding dengan kecekapan CIPR bagi membebaskan P samada pada tanah berasid atau tanah pH tinggi. Ini menunjukkan kaedah yang digunakan iaitu dengan mencampurkan serta



memampatkan TSP dan CIPR boleh meningkatkan kecekapan batuan fosfat  
CIPR yang kurang reaktif.

Abstract of the thesis submitted to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfilment of the requirement for the degree of Master of Agriculture Science

**EFFECT OF SOLUBLE PHOSPHATE - PHOSPHATE ROCK  
FERTILISER MIXTURE ON OIL PALM SEEDLINGS**

By

**ROSMARINA BINTI AHMAD KHARIRI**

**April 1999**

**Chairman : Associate Professor Aminuddin Hussin. Ph.D**

**Faculty : Agriculture**

Compacted mixture of soluble phosphate - phosphate rock is suggested as an alternative to improve the efficiency of low reactive phosphate rock fertiliser. Hence, there is a need to know P release and the efficiency of soluble phosphate- phosphate rock mixture as P source for plant and the soil factors that might influence P release from the mixture.

The P sources evaluated are triple superphosphate (TSP) as the soluble P fertiliser and Christmas Island Phosphate Rock (CIPR) as a phosphate rock. Oil palm seedlings were used as the test crop. Acid Munchong series soil (Tropeptic Haplorthox) and alkaline Merhamah series soil (Oxyaquic Hapludalf) were used for the study. The objectives of the study are : (i) to assess P release from the soluble phosphate- phosphate rock mixture in the soil, (ii) to evaluate the effect of soil pH and Ca in soils on the P release from the soluble phosphate-phosphate rock mixture and (iii) to



evaluate the effect of the soluble phosphate-phosphate rock mixture on the growth of oil palm seedlings.

The laboratory study showed that in acid soil, P release from the TSP/CIPR mixture was 29.4 - 100% higher than CIPR alone and in alkaline soil, the TSP/CIPR mixture was 59.0 - 100% higher than CIPR alone during 90 days incubation period. Similar to application of CIPR, dissolution rate of TSP/CIPR mixture increased with decrease in rate of P added and decline with increasing rate of P added.

The dissolution of TSP/CIPR mixture in Munchong soil is 100% greater than Merhamah soil. This is due to soil properties which affect dissolution of the fertilisers such as soil pH, exchangeable Ca, extractable Fe, Al, CEC and soil organic matter.

Dissolution of the TSP/CIPR mixture was affected by soil pH and exchangeable Ca. An increase in the exchangeable Ca in soils resulted in the decrease of the dissolution of CIPR and TSP/CIPR mixture. Dissolution of TSP/CIPR mixture improves when soil exchangeable Ca was low. Increase in the soil pH reduced the P release from TSP/CIPR mixture. Dissolution of TSP/CIPR mixture was increased in acidic condition. Similar to CIPR, application of TSP/CIPR mixture is more suitable in acid soil with low exchangeable Ca content.



In the glasshouse experiment, using Munchong series soil, TSP/CIPR mixture is better than CIPR alone in supplying available P for oil palm seedlings. Dissolution of TSP/CIPR mixture was 67.1 - 100% higher than CIPR alone for a period of 6 to 9 months of experiment. Thus the results from the glasshouse experiment was coherent with the laboratory experiment.

Although the TSP/CIPR mixture is better than CIPR alone in supplying available P for oil palm seedlings, the effect of TSP/CIPR mixture on the oil palm seedlings growth was not detected. Phosphorus fertiliser sources do not affect the palm seedling growth during this growth interval.

This study shows that the effectiveness of TSP/CIPR mixture is better than CIPR alone in terms of increasing P release either in acid or alkaline soil. It was also shown that mixing and compaction of CIPR with TSP can improve the effectiveness of low reactivity phosphate rock.

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan tanaman utama Malaysia di mana ia menghasilkan sebanyak 9.06 juta tan minyak sawit mentah pada tahun 1997 dan 8.39 juta tan pada tahun 1996 (Bank Negara Malaysia, 1997). Malaysia dijangka akan menghasilkan lebih dari 10 juta tan minyak sawit mentah pada tahun 2005 (PORLA, 1996).

Malaysia juga merupakan negara pengeksporth dan pengeluar utama minyak sawit dunia. Eksport minyak sawit Malaysia menyumbang 52% kepada pengeluaran minyak sawit dunia. Pada tahun 1997, eksport minyak sawit bernilai RM 10.8 bilion atau 4.88% dari jumlah eksport Malaysia dan kelapa sawit adalah merupakan komoditi yang terbanyak sekali menyumbang kepada eksport Malaysia (Bank Negara Malaysia, 1997).

Menurut perangkaan, pada tahun 1997 jumlah keluasan tanaman kelapa sawit di Malaysia ialah 2.80 juta hektar iaitu peningkatan sebanyak 3.4% berbanding dengan tahun sebelumnya (Bank Negara Malaysia, 1997).

Perkembangan perusahaan kelapa sawit dan penambahan keluasan tanaman yang begitu pesat di Malaysia, telah menyebabkan peningkatan penggunaan baja. Sebanyak 65% daripada penggunaan baja di Malaysia adalah untuk penggunaan industri kelapa sawit (Malaysian Agriculture Directory and Index, 1997). Baja diperlukan bagi membekalkan nutrien kepada tanaman.

Untuk meningkatkan pengeluaran dan hasil tanaman, nutrien perlu dibekalkan. Fosforus (P) adalah salah satu daripada nutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan serta pengeluaran hasil yang tinggi kerana kebanyakan daripada proses pertumbuhan kelapa sawit melibatkan unsur fosforus walaupun penyerapan unsur fosforus oleh kelapa sawit adalah lebih rendah dari penyerapan unsur-unsur lain seperti N, K dan Mg (Chan, 1982).

Unsur P diperlukan di dalam proses pembahagian sel, pembentukan asid nukleik dan fosfolipid. Fosforus juga mempengaruhi proses kematangan dan aktiviti pemasakan buah. Di samping itu, ia juga terlibat di dalam aktiviti pemindahan tenaga di dalam tisu tumbuhan. Unsur P juga diperlukan di dalam proses fotosintesis dan respirasi yang melibatkan koenzim adenosina difosfat (ADP) dan adenosina trifosfat (ATP) (Corley *et al.*, 1976).

Kebanyakan tanah di Malaysia mengalami proses luluhawa yang pesat, berasid di samping mempunyai keupayaan pengikatan P yang

tinggi oleh hidroksida serta oksida Al dan Fe. Kebanyakan P yang terdapat di dalam tanah adalah dalam bentuk P organik (Hellums, 1995). Keadaan ini menyebabkan kebanyakan tanah di Malaysia mengalami masalah kekurangan unsur P ('P deficiency') iaitu mempunyai status P tersedia di dalam larutan tanah yang rendah.

Memandangkan pentingnya peranan P di dalam mempengaruhi tumbesaran tanaman dan keadaan tanah di Malaysia yang mempunyai P tersedia yang rendah, input P di dalam bentuk baja adalah perlu untuk membekalkan unsur P yang mencukupi bagi memastikan pengeluaran hasil yang tinggi. Tanah di Malaysia memerlukan pengurusan pembajaan P yang baik. Penggunaan batuan fosfat secara terus adalah satu alternatif bagi mengatasi masalah ini kerana kos penggunaannya adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan kos penggunaan baja kimia P larut seperti baja superfosfat. Kosnya adalah lebih kurang 1/5 daripada kos penggunaan baja kimia P (Sale dan Mokwunye, 1993).

Di Malaysia, batuan fosfat digunakan secara meluas di dalam sektor perladangan seperti kelapa sawit, getah dan lain-lain. Batuan fosfat telah digunakan di Malaysia sejak tahun 1929 lagi (Zaharah *et al.*, 1997). Namun begitu, penggunaan batuan fosfat secara terus kurang cekap bagi membekalkan P kepada tanaman sekiranya batuan fosfat yang digunakan kurang ataupun tidak reaktif (Chien, 1990; Engelstad *et al.*, 1974).

Terdapat pelbagai kaedah yang digunakan untuk meningkatkan kecekapan batuan fosfat yang kurang reaktif. Di antara kaedah yang boleh digunakan ialah dengan mencampurkan batuan fosfat dengan baja kimia P yang mempunyai kelarutan dan kecekapan yang tinggi bagi membekalkan P kepada tanaman (Chien *et al.*, 1987b). Campuran batuan fosfat dan baja kimia P akan menjadikan batuan fosfat yang kurang reaktif supaya lebih reaktif.

Apabila baja kimia P seperti baja superfosfat bertindakbalas ia akan melarut dan menghasilkan asid fosforik dan dikalsium fosfat.



Asid fosforik yang terhasil dari tindakbalas di atas akan membantu pelarutan batuan fosfat kerana batuan fosfat akan lebih mudah melarut dengan kehadiran ion  $\text{H}^+$  (Terman dan Allen, 1964). Di samping itu juga, tindakbalas di antara batuan fosfat dengan asid fosforik akan mengurangkan jumlah P yang bertindakbalas dengan oksida Al dan Fe. Ini akan mengurangkan pengikatan P dan menambahkan kecekapan batuan fosfat (Stephen dan Condron, 1986).

Selaras dengan itu, objektif kajian ini dijalankan adalah : (i) untuk menilai pelepasan P dari campuran batuan fosfat dan baja kimia P di



dalam tanah, (ii) untuk menilai kesan Ca dan pH di dalam tanah ke atas pelepasan P dari campuran batuan fosfat dengan baja kimia P dan (iii) untuk menentukan kesan campuran batuan fosfat dengan baja kimia P ke atas tumbesaran anak benih kelapa sawit.