Stigma Volume VIII No.3, Juli-September 2000

PENENTUAN EFISIENSI SP-36 PADA KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN KANDUNGAN ^{32}P PADA CONTOH TANAMAN DALAM JUMLAH KECIL.

(Determination of SP-36 efficiency in oil palm using ^{32}P content in small plant samples)

Widjang H. Sisworo*), H. Z. Poeloengan**), R. Martoyo**), Elsje L. Sisworo*), Havid Rasjid*), dan Syamsul Rizal*).

ABSTRACT

A field experiment was conducted at the experimental Station of the Centre for Oil Palm Research, Aek Pancur, Medan, using 8 years oil palm trees from 1996 to 1997. By counting the ^{32}P content in small plant samples of 2 g it was possible to determine the efficiency of SP-36 in the oil palm trees. The SP-36 efficiency was calculated for rates of 0.75, 1.50, and 2.25 kg SP-36 respectively, applied at two different distances namely, 1.50 m and 2.50 m from the stem of the oil palm trees. Data obtained showed that the highest efficiency for SP-36 was for the lowest rate of SP-36 (0.75 kg) placed at the shortest distance (1.5 m) from the tree stem. While the lowest efficiency was shown by the highest of SP-36 (2.25 kg) placed at the longest distance (2.5 m) from the tree stem.

PENDAHULUAN

Penggunaan ^{32}P untuk mempelajari efisiensi pupuk menggunakan metoda langsung maupun tidak langsung (Zapata,1990) telah banyak dilakukan untuk tanaman semusim. Sedangkan untuk tanaman tahunan berbentuk semak atau pohon masih jarang dilakukan. Keadaan ini terutama karena besarnya massa tanaman sehingga sulit untuk menentukan contoh tanaman yang harus diambil untuk menentukan kandungan ^{32}P nya, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan efisiensi pupuk-P yang digunakan.

Pekerjaan sebelumnya menggunakan tanaman tahunan seperti, teh, kina, dan juga kelapa sawit, adalah terutama untuk menentukan pola distribusi perakaran tanaman tahunan tersebut (Sisworo *et al*,1984; Sisworo *et al*, 1989; Santoso *et al*, 1991; Darmawijaya *et al*, 1993; Erungpraja *et al*, 1996; Siahaan *et al*, 1997). Pada perkebunan kelapa sawit 40 % - 60 % dari biaya produksi diperuntukkan untuk masukan pupuk (Siahaan *et al*, 1991). Jumlah biaya yang besar ini menyebabkan adanya keinginan untuk meletakkan pupuk pada tempat dia dikonsumsi secara optimal oleh tanaman atau dengan perkataan lain mendorong peningkatan efisiensi penggunaan pupuk. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk adalah dengan meletakkan pupuk tersebut di tempat di mana ditemukan distribusi perakaran tertinggi yang masih aktif menyerap air dan hara. Akar yang demikian ini umumnya dinamakan "perakaran aktif". Pada percobaan sebelumnya telah digunakan ^{32}P untuk menentukan pola distribusi perakaran kelapa sawit (Siahaan *et al*, 1997). Dari percobaan ini ditemukan bahwa perakaran aktif kelapa sawit yang berumur sekitar 8 tahun, berada di kedalaman 5 cm pada jarak 1,5 m dari batang tanaman (Siahaan *et al*, 1997). Dihipotesiskan bahwa efisiensi penggunaan pupuk akan optimal bila pupuk diletakkan pada area di mana akar aktif terbanyak berada.

Keuntungan penggunaan ^{32}P untuk menentukan efisiensi pupuk adalah bahwa ia masih dapat dideteksi dalam jumlah contoh tanaman yang kecil, misalnya 100 mg, 1 g sampai dengan 10 g, dan selanjutnya. Keuntungan inilah yang telah dicobakan pada percobaan yang dilaporkan pada makalah ini.

Tujuan utama dari percobaan yang telah dilakukan adalah menentukan efisiensi penggunaan SP-36 pada kelapa sawit, menggunakan kandungan ^{32}P contoh tanaman dalam jumlah yang kecil.

BAHAN DAN METODA

Bahan tanaman.

Bahan tanaman yang digunakan adalah kelapa sawit berumur sekitar 8 tahun, terletak disatu area. Jarak antar pohon adalah 9 m. Tinggi pohon sekitar 8 m – 9 m dan diameter batang sekitar 25 – 35 cm. Diasumsikan bahwa jumlah daun tiap tanaman pada saat dipanen berjumlah 25 buah.

*) Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Batan, Jakarta
**) Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan

ISSN 0853-3776 AKREDITASI DIKTI No. 53/DIKTI/KEP/1999 tgl. 11 Maret 1999

Perlakuan yang diterapkan adalah.

No perlakuan	Takaran SP-36 (kg SP-36 pohon^{-1})	Penempatan SP-36 (m dari batang tanaman)
1. Kontrol	0	1,5
2.	0,75	1,5
3.	1,50	1,5
4.	2,25	1,5
5. Kontrol	0	2,5
6.	0,75	2,5
7.	1,50	2,5
8.	2,25	2,5

Pada setiap perlakuan termasuk kontrol atau pada setiap tanaman yang menerima perlakuan ditambahkan 20 g TSP bertanda ^{32}P (^{32}P-TSP).

Aplikasi SP-36 dan ^{32}P-TSP.

TSP bertanda ^{32}P (^{32}P-TSP) sebanyak 20 g dicampur dengan SP-36 sehomogen mungkin, sesuai dengan takaran perlakuan, kecuali untuk perlakuan kontrol. Campuran SP-36 + ^{32}P-TSP, dan ^{32}P-TSP saja (kontrol) ditugal pada kedalaman 5 cm di sekitar kelapa sawit pada jarak 1,5 m dan 2,5 m dari batang. Setelah seluruh pupuk disebar, sebaran pupuk ditutup dengan tanah. Untuk pengamanan setiap tanaman diberi tanda radiasi. Pupuk SP-36 dan ^{32}P-TSP diaplikasi pada tanggal 27 November 1996 dan panen pertama (I) dilaksanakan pada tanggal 27 Desember 1996, selang satu bulan dilakukan Panen II dan panen terakhir dilaksanakan tanggal 7 Maret 1997. Senyawa ^{32}P yang digunakan adalah TSP bertanda ^{32}P diberi sebanyak 20 g TSP per pohon, setara dengan 4 g P dengan aktivitas jenis awal 2,74 m Ci g^{-1} TSP^{-1}. Data yang dilaporkan adalah yang berasal dari Panen III. Tanah lahan tempat percobaan dilaksanakan adalah jenis tanah podzolik merah kuning (PMK) dengan sifat fisika dan kimia seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah pada lokasi percobaan.

-Pasir		46 %
-Debu		17 %
-Liat		37 %
PH	- H_2O	5,0
	- KCl	4,5
C		1,19 %
N		0,18 %
C/N		6,6 %
P tersedia (Bray II)		13 ppm
Kation Tukar (me/100 g) :		
	- K	0,28
	- Na	0,04
	- Ca	2,91
	- Mg	0,76
Total Basa Tukar (me/100 g)		3,99
KTK (me/100 g)		11,08
Kejenuhan Basa (%)		36
Al-dd (me/100 g)		0,18

Analisis P-total dan ^{32}P.

P-total contoh tanaman ditentukan menggunakan metoda molibdat-vanadat. Analisis ^{32}P dilakukan dengan mengambil 1 ml dari larutan yang digunakan ke dalam botol pencacah dan diencerkan dengan air destilasi hingga mencapai volume 15 ml. Cairan ini dicacah dengan menerapkan metoda CERENCOV (Sisworo *et al*, 1998) menggunakan pencacah skintilasi cair. Hasil pencacahan contoh dinyatakan dalam cacahan per menit (cpm). Nilai ini diubah menjadi disintegrasi per menit (dpm) yaitu dengan membagi nilai cpm dengan persentase efisiensi alat yang dalam hal ini adalah 40 %. Nilai dpm yang diperoleh dikalkulasi kembali kepada tanggal pemberian ^{32}P seperti yang dicontohkan L'Annunziata (Sisworo *et al*, 1998). Pada akhirnya kandungan ^{32}P dinyatakan dalam μ Ci 2g^{-1}

Bagan analisis ^{32}P dan perhitungan efisiensi

Daun ke 9 dan ke 17 dipilih untuk dianalisis % P-total dan kandungan ^{32}P, berdasarkan fakta bahwa di Pusat Penelitian Kelapa Sawit ke dua daun ini digunakan dalam analisis kebutuhan pupuk kelapa sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan pada Tabel 2, memperlihatkan perbedaan yang cukup besar antar contoh tanaman. Urutan persentase P-total dari yang tertinggi sampai terendah adalah % P-total helai daun > batang > pelepah daun. Tinggi rendahnya kandungan P-total berbagai contoh tanaman (mg P $2g^{-1}$ contoh tanaman) akan mengikuti tinggi rendahnya % P-total. Data pada Tabel 2 inilah yang akan digunakan untuk menentukan efisiensi P-SP36.

Data pada Tabel 3 akan digunakan untuk menghitung data pada Tabel 4. Pada Tabel 3 terlihat bahwa untuk kandungan ^{32}P yang dinyatakan dalam dpm maupun μ Ci $2\ g^{-1}$ contoh tanaman kelapa sawit yang tidak diberi SP36 (kontrol) untuk jarak 1,5 m maupun 2,5 m adalah lebih tinggi daripada kandungan ^{32}P contoh tanaman yang diberi SP36. Keadaan ini diasumsikan karena terjadinya pengenceran ^{32}P oleh P-tanah dan P-SP36. Pada tanaman kontrol, ^{32}P diencerkan hanya oleh P-tanah. Sedangkan pada kelapa sawit yang diberi SP36, ^{32}P akan diencerkan oleh P-tanah dan P-SP36. Ini yang menyebabkan tanaman kontrol (0 SP36) mempunyai kandungan ^{32}P yang lebih tinggi daripada tanaman perlakuan (+ SP36) untuk berbagai contoh tanaman.

Menggunakan nilai kandungan ^{32}P maka persentase P-berasal dari TSP berlanda ^{32}P (% P-^{32}P-TSP) dapat ditentukan mengikuti petunjuk Zapata (1990). Contoh tanaman akan memperlihatkan nilai % ^{32}P-TSP sejalan dengan kandungan ^{32}P contoh tanaman, yaitu kandungan ^{32}P yang tinggi atau rendah akan memberikan nilai % ^{32}P-TSP yang tinggi atau rendah pula pada contoh tanaman. Dengan diperolehnya data % ^{32}P-TSP maka fraksionisasi P pada setiap contoh tanaman dapat dihitung menggunakan nilai A seperti yang telah dituliskan dalam tulisan lainnya (Siswoto *et al*, 1998).

Data fraksionisasi P dalam contoh tanaman disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 terlihat bahwa % ^{32}P-TSP cukup rendah yaitu sekitar 1 %. Keadaan ini memang diharapkan karena ^{32}P-TSP diaplikasi bukan sebagai sumber-P bagi kelapa sawit tetapi sebagai pelacak/"tracer" untuk dapat menghitung P yang berasal dari tanah dan SP36.

Data Tabel 4 ini menunjukkan bahwa % SP36 akan lebih banyak digunakan oleh kelapa sawit bila diletakkan pada jarak 1,5 m dibanding dengan bila diletakkan pada jarak 2,5 m dari batang (29,06 % vs 21,03 %). Hal ini sejalan dengan hasil percobaan sebelumnya (Siahaan *et al*, 1997) dimana dari percobaan tersebut telah diperoleh data bahwa perakaran aktif terbanyak berada di kedalaman 5 cm pada jarak 1,5 m dari batang. Data yang diperoleh dari percobaan yang dilaporkan dalam tulisan ini memperlihatkan bahwa jarak penempatan pupuk dari batang sebaiknya diperhatikan bila diinginkan penyerapan P-SP36 yang lebih banyak oleh kelapa sawit.

Tabel 2. Persentase total-P (% total-P) dan kandungan P contoh tanaman kelapa sawit

Perlakuan		% Total-P					Kandungan total-P (mg p 2g contoh tanaman^{-1})				
Jarak (m)	Takaran P (kg SP-36 pohon^{-1})	D-9	P-9	D-17	P-17	B	D-9	P-9	D-17	P-17	B
1,5	0	0,138	0,044	0,128	0,043	0,079	2,75	0,87	2,56	0,85	1,58
1,5	0,75	0,143	0,051	0,131	0,053	0,097	2,87	1,01	2,93	1,06	1,94
1,5	1,50	0,125	0,059	0,147	0,048	0,098	2,51	1,18	2,62	0,95	1,97
1,5	2,25	0,143	0,052	0,146	0,040	0,096	2,87	1,04	2,93	0,80	1,91
2,5	0	0,139	0,064	0,130	0,046	0,082	2,79	1,29	2,91	0,92	1,64
2,5	0,75	0,138	0,058	0,130	0,049	0,103	2,76	1,15	2,59	0,99	2,07
2,5	1,50	0,138	0,058	0,126	0,069	0,107	2,75	1,17	2,53	1,37	2,13
2,5	2,25	0,142	0,059	0,136	0,050	0,104	2,83	1,19	2,77	1,01	2,09

Keterangan : D-9 = helai daun ke-9, P-9 = pelepah daun ke-9
D-17 = helai daun ke-17, P-17 = pelepah daun ke-17 B=batang

ISSN 0853-3776 AKREDITASI DIKTI No. 52/DIKTI/KEP/1999 tgl. 11 Maret 1999

Tabel 3. Disintergasi per menit (dpm), kandungan ^{32}P (µCi), dan persentase P-berasal dari ^{32}P untuk tanaman kelapa sawit.

Perlakuan		Dpm $2g^{-1}$				µCi $2g^{-1}$					% ^{32}P-TSP				
Jarak (m)	Takaran P (kg SP-36 pohon^{-1})	D-9	D-17	P-17	B	D-9	P-9	D-17	P-17	B	D-9	P-9	D-17	P-17	B
1,5	0	67778	56161	85253	71111	0,030521	0,044090	0,025299	0,038402	0,032050	0,2081	1,3481	0,1673	1,1546	0,4895
1,5	0,75	51313	40000	68586	49899	0,023114	0,032260	0,036036	0,036036	0,022477	0,1578	0,5050	0,0444	0,6328	0,2287
1,5	1,50	46263	38283	63333	63737	0,020839	0,035308	0,029074	0,030895	0,028710	0,1314	0,8689	0,1028	0,7400	0,3240
1,5	2,25	47778	34848	53029	59899	0,021522	0,035354	0,019110	0,028529	0,026982	0,1473	0,5937	0,0828	0,6558	0,3071
2,5	0	56666	49091	79999	76071	0,025525	0,039312	0,022113	0,037537	0,034262	0,1987	1,2581	0,3121	1,6064	0,5299
2,5	0,75	49091	39192	68788	63434	0,022113	0,026208	0,017654	0,030985	0,028574	0,0860	0,9633	0,1100	0,7616	0,3489
2,5	1,50	45455	39697	57273	58687	0,020475	0,033306	0,017882	0,025799	0,026436	0,0577	0,6170	0,0641	0,3374	0,2363
2,5	2,25	45556	37777	62121	64748	0,020520	0,028025	0,017017	0,027982	0,029166	0,0715	0,6965	0,1099	0,6446	0,3217

Tabel 4. Fraksionisasi persentase P dalam ^{32}P, P-tanah, dan P-SP36 pada contoh tanaman kelapa sawit.

Perlakuan			Fraksionisasi %	
Jarak (m)	Takaran-P (kg SP-36 pohon^{-1})	^{32}P	P-tanah	P-SP36
1,5	0,75	1,17	69,78	29,05
1,5	1,50	1,22	72,07	26,71
1,5	2,25	1,09	67,48	31,42
2,5	0,75	1,21	80,42	18,37
2,5	1,50	1,19	76,67	22,14
2,5	2,25	1,12	76,28	22,57
1,5		1,16	69,78	29,06
2,5		1,18	77,79	21,03
	0,75	1,19	75,10	23,71
	1,50	1,21	74,37	24,42
	2,25	1,12	71,88	27,00
Ulangan	I	0,97	69,92	29,11
	II	1,03	72,54	26,45
	III	1,51	78,89	19,60
F-hitung				
	- Perlakuan	5,127*	2,038^{tn}	2,008^{tn}
	- Jarak (J)	0,295^{tn}	8,371*	8,195*
	-Takaran-P	3,947*	0,987^{tn}	0,506^{tn}
	- Interaksi	0,885^{tn}	0,416	0,416^{tn}
	- Ulangan	151,570**	3,692*	4,064*
KK (%)		7,04	7,97	23,78

Takaran SP36 menunjukkan bahwa takaran yang semakin meningkat akan meningkatkan pula % P-SP36. Ini secara umum dapat diterima yaitu dengan semakin banyaknya SP36 tentu P-SP36 yang dapat diserap kelapa sawit akan semakin banyak pula. Pada umumnya untuk data interaksi antara jarak dengan takaran, maka interaksi jarak 1,5 m dengan semua takaran memperlihatkan % P-SP36 yang lebih tinggi daripada interaksi antara jarak 2,5 m dengan takaran (Tabel 4). Namun demikian kelapa sawit akan menyerap P-SP36 terbanyak bila SP36 diletakkan pada jarak 1,5 m dari batang dengan takaran 2,25 kg SP36 pohon^{-1}.

Terlihat perbedaan yang cukup besar antar ulangan dalam hal serapan P-SP36 oleh kelapa sawit. Urutannya adalah % P-SP36 ulangan I > II > III (Tabel 4). Lahan percobaan yang digunakan untuk percobaan ini agak landai, dimana ulangan III berada di titik paling rendah dari lahan tersebut. Selain itu lahan percobaan ini sudah mengalami pemupukan P selama bertahun-tahun. Ada kemungkinan P residu pupuk telah terakumulasi pada titik terendah dari lahan tersebut. Keadaan ini diasumsikan akan menyebabkan meningkatnya P tanah di tempat tersebut. Dengan demikian P-SP36 yang diaplikasi pada saat percobaan ini di ulangan III lebih sedikit diserap dibandingkan dengan P-SP36 di dua ulangan lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Untuk P-tanah yang paling penting untuk dikemukakan adalah apabila kelapa sawit menyerap P-SP36 lebih banyak maka P-tanah akan diserap lebih sedikit dan sebaliknya. Semua data ini diperlihatkan pada Tabel 4. Data pada Tabel 4 mengenai P-tanah ini yang dapat menjelaskan perbedaan antar ulangan dalam hal % P-SP36. Di sini jelas terlihat bahwa kelapa sawit yang berada di ulangan III menyerap P-tanah tertinggi dibandingkan ulangan lainnya.

Pada Tabel 5 diperlihatkan data mengenai fraksionisasi serapan P yang dinyatakan dalam mg P per 10 g contoh tanaman. Data Pada Tabel 5 ini mengikuti kecenderungan yang sama dengan data pada Tabel 4 dengan segala keterangannya yang terkait. Artinya nilai % P-SP36 yang tinggi akan memperlihatkan jumlah mg P per 10 g contoh tanaman yang tinggi pula dan sebaliknya.

Persentase efisiensi P (% ef. P) memperlihatkan hal yang lain (Tabel 5). Pada umumnya untuk takaran, dan interaksi antara takaran dengan jarak % ef. P tertinggi diperlihatkan oleh takaran yang terendah (0,75 kg SP36 pohon^{-1}). Selanjutnya untuk jarak, maka % ef. SP36 pada jarak 1,5 m adalah lebih tinggi daripada jarak 2,5 m. Ini berarti bila efisiensi P-SP36 ingin ditingkatkan maka interaksi jarak dengan takaran menjadi penting. Ini dapat menjadi dasar bagi penentuan takaran dan tempat meletakkan SP36 untuk memperoleh efisiensi yang cukup tinggi diikuti tentunya memperoleh hasil yang optimal. Khusus untuk ulangan terlihat bahwa % ef. P ditentukan oleh tinggi rendahnya P-SP36 yang diserap kelapa sawit.

Tabel 5. Fraksionisasi kandungan P, ^{32}P, P-tanah, P-SP36, dan persentase efisiensi SP36 contoh tanaman kelapa sawit.

Perlakuan		Fraksionisasi (mg P. 10 g^{-1})			Efisiensi P-SP36
Jarak (m)	Takaran-P (kg SP-36 pohon^{-1})	^{32}P	P-tanah	P-SP36	(%)
1,5	0,75	0,110	6,603	2,787	12,00
1,5	1,50	0,116	6,875	2,548	5,49
1,5	2,25	0,103	6,441	2,989	4,29
2,5	0,75	0,114	7,669	1,777	7,65
2,5	1,50	0,119	7,645	2,189	4,71
2,5	2,25	0,113	7,535	2,239	3,22
1,5		0,110	6,640	2,775	7,26
2,5		0,115	7,616	2,068	5,19
	0,75	0,112	7,136	2,282	9,83
	1,50	0,118	7,260	2,369	5,10
	2,25	0,108	6,988	2,614	3,75
Ulangan	I	0,098	7,020	2,928	7,93
	II	0,099	6,970	2,521	6,21
	III	0,141	7,393	1,815	4,54
F-hitung					
	- Perlakuan	6,593**	1,534^{tn}	18,65**	8,88**
	- Jarak (J)	10,667**	7,137*	7,165*	5,57*
	-Takaran-P	9,741*	0,186^{tn}	0,566^{tn}	17,69**
	- Interaksi	1,407^{tn}	0,081^{tn}	0,513^{tn}	1,71^{tn}
	- Ulangan	268,778**	0,532^{tn}	6,864*	5,02*
KK (%)		1,09	10,88	23,12	29,83

Dengan mengacu pada data yang diperoleh dari percobaan ini terlihat bahwa penggunaan contoh tanaman dalam jumlah yang kecil dapat digunakan untuk menentukan % ef. P menggunakan ^{32}P. Selanjutnya data yang diperoleh menunjukkan bahwa % ef. P cukup rendah. Keadaan ini diduga disebabkan lahan percobaan telah menerima pemupukan N, P, K selama bertahun-tahun. Ada kemungkinan P-pupuk dari pemupukan sebelumnya telah terakumulasi di tanah sehingga menyebabkan penyerapan P-tanah yang jauh lebih tinggi daripada P-SP36. Penyerapan P-SP36 yang rendah oleh kelapa sawit akan memperlihatkan % ef. P yang rendah pula.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan ini dapat diperlihatkan bahwa % efisiensi P-SP36 dapat dihitung dari contoh tanaman dalam jumlah yang kecil dengan menggunakan ^{32}P.

Selain itu terlihat bahwa % efisiensi P-SP36 pada kelapa sawit cukup rendah yang diduga disebabkan oleh terakumulasinya P ke dalam tanah yang berasal dari pemupukan selama bertahun-tahun, sehingga P dalam tanah yang tersedia bagi tanaman menjadi tinggi.

Dengan menggunakan ^{32}P maka dapat dilakukan fraksionisasi P pada setiap contoh tanaman, dan data ini yang akan digunakan untuk menentukan % efisiensi P-SP36 pada kelapa Sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih para penulis disampaikan kepada Direktur Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan beserta jajarannya dan para lirkayasa Kelompok Tanah dan Hara Tanaman, Bidang Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi yang telah membantu terselenggaranya percobaan ini sehingga dapat dituangkan dalam sebuah makalah.

DAFTAR PUSTAKA

Dunnawijaya, M., E.L. Sisworo, H. Rasjid, dan W.H. Sisworo. 1993. Pengaruh kompos organik terhadap pertumbuhan akar aktif perdu teh klon TRI 2025 pada jenis tanah Latosol. Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Batan, Jakarta 9-10 Desember 1992. Hal 205-218.

Erningpraja, L., M.M. Siahaan, Z. Poeloengan, dan E. L. Sisworo. 1996. Kemungkinan penggunaan urea berlanda ^{15}N bagi penentuan efisiensi pupuk N pada tanaman kelapa sawit. Risalah pertemuan ilmiah aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 9-10 Januari 1996 (Penyunting Munsiah Maha *et al.*) Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Hal 153-159.

L'Annunziata, M. F. 1979. Radiotracers in Agricultural Chemistry. Academic Press, London. New York. San Francisco. Pp 426 – 427.

Santoso, J., Sukasmono, E.L. Sisworo, H. Rasjid, dan S. Wibowo. 1991. Pola pertumbuhan akar aktif tanaman kina setelah stumping. Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi. Batan, Jakarta 30-31 Oktober 1990. Hal 247-255.

Siahaan, M. M., K. Mariyo, Z. Poeleengan, E.L. Sisworo, dan H. Rasjid. 1997. Penentuan pola penakaran kelapa sawit dengan metoda suntikan ^{32}P. Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18-19 Pebruari 1997. (Penyunting Munsiah Maha et al.) Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Hal 117-120.

Siahaan, M. M., Suwandi, dan A. Panjaitan. 1991. Pemupukan tanaman kelapa sawit. Prosiding Pertemuan Teknis kelapa sawit. Pekan Baru, 19-20 Pebruari 1991. Pusat Penelitian Perkebunan (RISPA), Medan.

Sisworo, E. L., H. Rasjid, W.H. Sisworo, J.Santoso, Sukasmono, and S. Wibowo. 1989. Choosing plant parts to be used in root pattern determination of *Cinchona ledgeriana*, Moens. Indon. J. Trop. Agric. 1(1):17-19.

Sisworo, E. L., W.H. Sisworo, and H. Rasjid. 1984. The use of nuclear techniques for determination of root distribution in the field. Atom Indonesia. IX(1):12-22.

Sisworo, W. H., E.L. Sisworo, Haryanto, and H. Rasjid. 1998. The use of a radioactive tracer (^{32}P) to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock. Jurnal Lingkungan (Environmental Journal). 1(4):47-57.

Zapata, F. 1990. Isotope techniques in soil fertility and plant nutrition. Use of nuclear techniques in studies of soil - plant relationships. IAEA, VIENNA. IAEA – TCS – 2 (IAEA) 61 – 128.

ISSN 0853-3776 AKREDITASI DIKTI No. 53/DIKTI/KEP/1999 tgl. 11 Maret 1999