

STUDI METODE PEMUPUKAN MENGGUNAKAN PERUNUT P-32 UNTUK MENGENDALIKAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

M. Hadi Kusuma⁽¹⁾ dan Agus Budhie Wijatna⁽²⁾

ABSTRACT

The study of fertilization to handle environmental pollution on plant of *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage* (Fam: Euphorbiaceae) using P-32 tracer had been conducted. It has been focused on phosphor concentration on leaf as a planting position function using radioactivity tracer technique. It has been shown that the optimum fertilization take place in 30 days, reflected on optimizing isotope absorption at P(20,5) coordinate. Therefore fertilization is preferably done maximum at once in every 30 days. The result of 29 plants using normal distribution function shown by the fittest result list on P(20,5) coordinate fertilization. Evidently less fewer residual compared to other coordinates.

Keywords; Phospor, radioactive, tracer, environment, pollution

PENDAHULUAN

Pemberian pupuk secara berlebihan terhadap tanaman dapat merugikan, karena kemampuan tanaman dalam menyerap pupuk terbatas sesuai dengan kebutuhannya, sehingga pupuk yang tidak terserap oleh tanaman akan terbuang ke lingkungan dan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya lingkungan air. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang kebutuhan tanaman akan pupuk dengan tujuan agar program kebijaksanaan pertanian yang dilaksanakan menghasilkan residu seminimal mungkin sehingga pencemaran terhadap lingkungan akan dapat dikurangi dengan memberi pupuk kepada tanaman sesuai dengan kebutuhannya. Mengetahui nilai efisiensi pemupukan merupakan hal penting, dengan pengetahuan tersebut dapat dilakukan pemberian pupuk yang tepat, mengurangi pemborosan dan dapat mencegah terjadinya pencemaran akibat pemakaian pupuk yang berlebihan. Saat ini dalam bidang pertanian, diperlukan upaya pencegahan terhadap polusi dan degradasi sumberdaya air dengan cara meneliti kebutuhan tanaman akan

pupuk, agar kegiatan intensifikasi pertanian yang dilaksanakan dapat menghasilkan residu seminimal mungkin dengan cara memberikan pupuk kepada tanaman pertanian sesuai dengan kebutuhannya. Untuk itu perlu diketahui pemberian pupuk yang sesuai dengan kebutuhannya.

Secara konvensional, amat sulit untuk mempelajari pola perakaran tanaman karena letaknya yang berada di bawah permukaan tanah. Berdasarkan kesulitan tadi, akan dilakukan studi perakaran tanaman dengan menggunakan perunut radioaktif dalam pupuk TSP³².

Tujuan penelitian untuk mengetahui cara pemupukan terhadap tanaman *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage* (teh-tehan) dengan cara menganalisis pengaruh tempat pemupukan terhadap persentase pupuk yang diserap akar, serta untuk mengetahui frekuensi pemupukan bagi tanaman *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage*.

Penggunaan Teknologi Nuklir pada Bidang Pertanian

Penggunaan teknologi isotop dan radiasi sampai saat ini kedudukannya masih bersifat pelengkap (komplementer) dengan berbagai keuntungan atau sebagai suatu teknologi yang aman dan dapat

⁽¹⁾ Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN Kawasan Puspiptek Serpong Gedung 80 Telp.: 021-7560912 Fax: 021-7560913 Email: luluikal@batan.go.id

⁽²⁾ Dosen Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2 Bulaksumur, Yogyakarta

mengurangi pencemaran lingkungan. Tidak jarang teknologi isotop dan radiasi berperan sebagai satu-satunya teknologi yang harus di gunakan untuk melakukan suatu proses tertentu⁽¹⁾. Untuk pertama kalinya teknologi isotop dan radiasi yang diterapkan pada bidang pertanian adalah teknologi penggunaan perunut. Teknik ini sudah banyak dipakai dan sudah membawa kemajuan pada bidang pertanian di Indonesia, baik menghasilkan produk pertanian yang baru atau produk pertanian yang lebih baik⁽²⁾.

Teknik radiasi dapat juga digunakan untuk mengetahui penentuan serapan unsur P oleh tanaman dan distribusinya ke bagian-bagian tanaman, memberikan informasi berapa banyak pupuk diserap tanaman dengan perolehan hasil yang cepat dan akurat, menentukan daya serap tanah terhadap pupuk yang digunakan, serta mengetahui bagaimana proses pemupukan yang efisien untuk peningkatan produksi⁽³⁾.

Aplikasi P-32 pada Efisiensi Pemupukan

Efisiensi pemupukan dari segi sosial ekonomi dapat diungkapkan secara konseptual dalam bentuk berbagai efisiensi respon, efisiensi alokasi dan efisiensi biaya. Efisiensi respon dapat diukur dari besarnya keluaran hasil panen untuk setiap satuan unsur hara pupuk yang diberikan. Dapat pula diartikan sebagai jumlah kenaikan hasil panen suatu pertanaman dari setiap satuan unsur hara yang diberikan. Efisiensi respon dapat pula dinyatakan dengan jumlah unsur hara mineral yang diperlukan tanaman untuk mencapai tingkat produksi tertentu. Efisiensi alokasi didasarkan pada perbedaan daya guna antara berbagai komoditi yang berkaitan dengan kebijaksanaan pemerintah dalam meningkatkan pendapatan petani dan pemerataan pembangunan. Efisiensi biaya menyangkut besarnya biaya produksi pupuk, penyaluran dan penggunaan oleh pe-

tani⁽⁴⁾.

Pertumbuhan tanaman ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain oleh struktur tanah, ketersediaan hara tanaman dalam tanah, ketersediaan air dan udara dalam tanah, serta perkembangan sistem perakaran tanaman dalam tanah. Oleh karena itu untuk meningkatkan produktivitas tanaman harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut di atas. Salah satu cara yang paling mudah untuk meningkatkan ketersediaan hara tanaman yang terkandung dalam tanah, yaitu dengan cara memberikan pupuk organik dan atau pupuk buatan⁽⁵⁾.

Pemberian pupuk dalam paket pemupukan mempunyai komposisi yang terdiri dari faktor-faktor unggul dalam pemupukan. Faktor-faktor unggul yang perlu diperhatikan dalam pemupukan yaitu pemakaian jarak tanam optimum, pemakaian takaran pupuk optimum, cara pemupukan yang dianggap baik, serta pemberian pupuk sejalan dengan fase respon tanaman terhadap pupuk⁽⁶⁾.

Pada kenyataannya ketersediaan pupuk alam sangat terbatas, sedangkan pupuk buatan berlimpah dan dapat diperoleh dengan mudah. Kemudahan mendapatkan pupuk buatan ini yang mendorong petani menggunakan pupuk secara berlebihan, padahal kemampuan tanaman menyerap unsur-unsur hara yang terkandung dalam pupuk sangat terbatas, yakni sesuai dengan yang dibutuhkan saja. Dengan demikian apabila tanaman diberi pupuk secara berlebihan maka ketersediaan hara di dalam tanah akan melimpah atau melebihi takaran yang dibutuhkan tanaman, yang akan mengakibatkan sisanya (residu) terbuang ke lingkungan.

Pemberian pupuk pada suatu tanaman akan meningkatkan aktivitas sistem perakaran,

akibatnya tentu akan meningkatkan kemampuan akar menyerap baik unsur hara dari pupuk maupun dari tanah asli. Pengambilan hara dari tanah dilakukan oleh akar tanaman, untuk kemudian didistribusikan ke batang dan daun.

Tingkat penyebaran unsur P pada bagian-bagian tanaman dipengaruhi oleh aktivitas bagian-bagian tanaman tersebut. Diperkirakan bahwa bagian daun menyerap unsur P paling banyak karena digunakan sebagai pusat kegiatan asimilasi.

Dapat dikatakan bahwa penggunaan metode perunutan dengan radioisotop, memiliki kemungkinan besar meningkatkan ketelitian untuk mencari metode pendekatan dalam meneliti efisiensi penggunaan pupuk.

Radioisotop P-32 yang terikat dalam senyawa superfosfat (pupuk) memiliki sifat kimia sama dengan isotop P-30 yang terkandung dalam tanah, maka di dalam tanah kedua isotop ini memiliki perilaku yang sama. Perbedaannya P-32 memancarkan radiasi β yang dapat dideteksi, sedangkan P-30 tidak memancarkan radiasi. Data yang terekam pada detektor benar-benar merupakan data yang berasal dari masuknya P-32 ke dalam tanaman. Dengan demikian P-30 yang berasal dari tanah dengan serapan P-32 yang berasal dari pupuk dapat dibedakan dengan mudah; yaitu dengan menghitung laju cacah radiasi β yang dipancarkan dari P-32 serta membandingkannya dengan laju cacah yang diperoleh dari larutan standar, maka dapat ditentukan kadar radioisotop P-32 atau pupuk yang terserap oleh tanaman.

Ditinjau dari keselamatan kerja dan lingkungan, penggunaan radioisotop P-32 relatif aman, karena radioisotop P-32 memiliki umur paro (umur yang diperlukan oleh suatu inti untuk meluruh hingga jumlah inti tinggal separo dari jumlah inti mula-

mula) relatif pendek yaitu 14,3 hari dan energi kinetik reratanya 0.7 MeV (radiasi zarah β dengan energi kinetik >200 MeV dianggap menimbulkan bahaya meskipun sumbernya ada di luar tubuh) serta hanya memancarkan radiasi β sebagai sumber radiasi eksternal yang mudah diproteksi. Di samping itu, hasil akhir peluruhan radioisotop P-32 adalah membentuk unsur S-32 yang stabil. Unsur S-32 merupakan salah satu unsur kimia penyusun tanah⁽⁷⁾.

METODOLOGI

Bahan

Isotop yang digunakan adalah P-32 dalam pupuk TSP³² (padatan) sebagai perunut dengan aktivitas jenis $2.050 \cdot 10^{-08} \pm 3.069 \cdot 10^{-11}$ Ci/gr. Pupuk P-32 yang digunakan sebanyak 357 gr didapat dari Jurusan Teknik Nuklir Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Tanaman yang digunakan adalah *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage* sebanyak 29 tanaman.

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di kampus Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada bulan November sampai bulan Desember 1997.

Prosedur penelitian

Membuat lingkaran di sekitar tanaman percobaan untuk tempat menanam isotop P-32 dengan radius dan kedalaman masing-masing berjarak 5 cm, 5 cm (P(5,5)); 5 cm, 10 cm (P(5,10)); 5 cm, 15 cm (P(5,15)); 5 cm, 20 cm (P(5,20)); 10 cm, 5 cm (P(10,5)); 10 cm, 10 cm (P(10,10)); 10 cm, 15 cm (P(10,15)); 10 cm, 20 cm (P(10,20)); 15 cm, 5 cm (P(15,5)); 15 cm, 10 cm (P(15,10)); 15 cm, 15 cm (P(15,15)); 15 cm, 20 cm (P(15,20)); 20 cm, 5 cm (P(20,5)); 20 cm, 10 cm (P(20,10)); 20 cm, 15 cm (P(20,15)). Kemudian pupuk diberikan pada ke-29 tanaman percobaan dengan masing-masing tanaman

mendapatkan pupuk sebesar 11,9 gr. Setelah itu daun muda (terletak pada pucuk dan berwarna hijau muda) dan daun tua (terletak pada ranting dan berwarna hijau tua) sebanyak masing-masing 5 helai dipetik dari tanaman yang telah diberi pupuk pada hari ke 14, 23, 30, dan hari ke 35. Kemudian dilakukan pencahan latar dan laju cacah dari 11,9 gr isotop acuan (sisa dari isotop yang ditanam, disimpan untuk digunakan sebagai acuan dalam mencari persentase isotop yang terserap pada daun). Daun muda dan daun tua yang telah dipetik dianalisis dengan cara:

- 1) dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 6 jam;
- 2) dihaluskan hingga menjadi tepung;
- 3) tepung dicampur dengan aquades hingga homogen, kemudian dibuat bulatan seperti pelet, dan dikeringkan;
- 4) pelet kemudian dideteksi dengan detektor Geiger Müller dengan waktu pencacahan selama 10 detik, tegangan detektor sebesar 900 volt;
- 5) hasil pencacahan dicatat dan datanya dianalisis dengan menghitung persentase isotop yang terserap pada daun.

Metode analisis

Data laju cacah terkoreksi dibandingkan terhadap hasil perhitungan aktivitas isotop acuan guna mendapatkan persentase P-32 yang terserap oleh daun. Kemudian, data hasil pencacahan ditampilkan dalam grafik guna mengetahui pengaruh posisi penanaman isotop terhadap persentase P-32 yang terserap tanaman. Setelah itu, berdasarkan data dilakukan analisis cara pemupukan ideal terhadap tanaman.

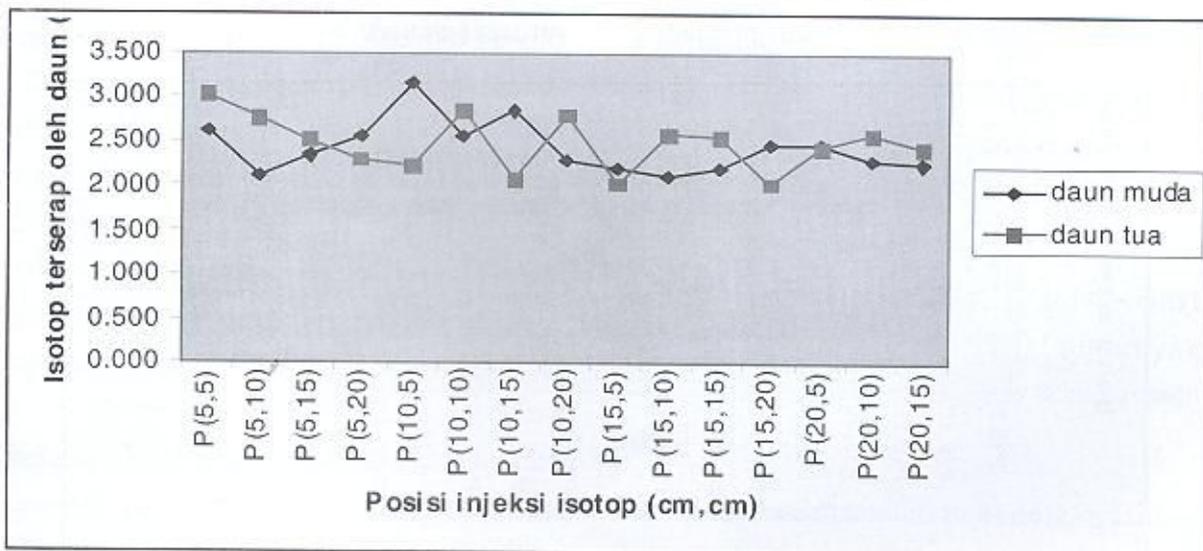
Persentase pupuk yang terserap oleh tanaman dihitung berdasarkan konsentrasi pupuk yang terisap yaitu menurut rumus:

$$C_p = \frac{\lambda^2 (e^{\lambda t_d}) C_0}{\epsilon (1 - e^{-\lambda t_1}) (1 - e^{-\lambda t_c})}$$

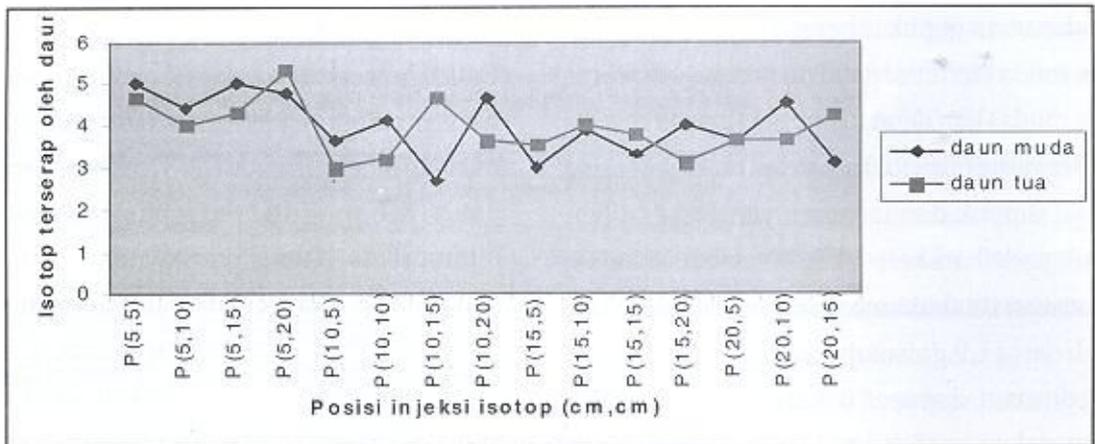
Persentase pupuk yang terserap = $(C_p / \text{Aktivitas pupuk pertama kali dilepas}) \times 100\%$ ⁽⁷⁾

dengan:

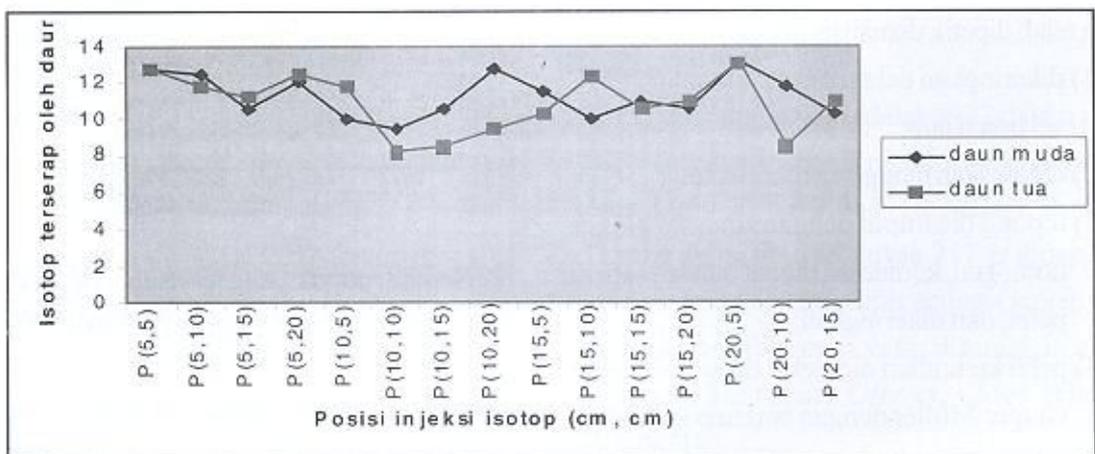
- C_p = konsentrasi pupuk yang terisap
- λ = tetapan peluruhan
- e = bilangan natural
- t_d = waktu tunda
- C_0 = Jumlah cacah yang diperoleh selama pencacahan
- ϵ = efisiensi detektor
- t_1 = waktu penghisapan
- t_c = waktu pencacahan



Gambar 1. Jumlah isotop yang terserap oleh daun pada hari ke-14



Gambar 2. Jumlah isotop yang terserap oleh daun pada hari ke-23

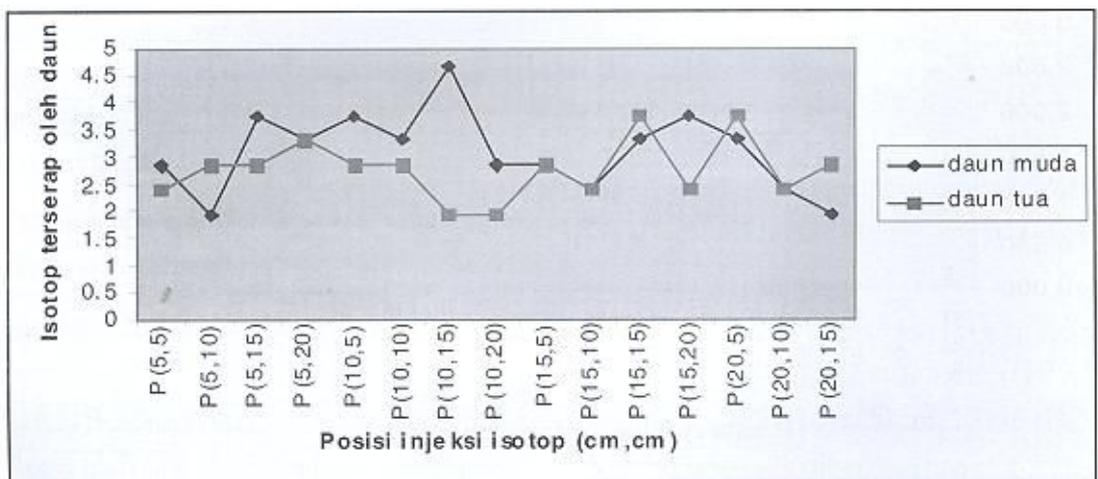


Gambar 3. Jumlah isotop yang terserap oleh daun pada hari ke-30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu pada hari ke 14, 23, 30 dan 35 setelah radioisotop perunut diberikan pada masing-masing tanaman percobaan. Data diklasifikasikan menjadi 2

bagian, yaitu data yang diperoleh melalui pencacahan daun muda dan pencacahan pada daun tua. Pengujian data berdasarkan analisis variansi (*anova*).



Gambar 4. Jumlah isotop yang terserap oleh daun pada hari ke-35

Data hari ke 14 setelah penanaman isotop

Berdasarkan data dihitung laju cacah sebenarnya yang terserap pada daun muda dan daun tua, yaitu dengan cara membagi cacah netto dengan efisiensi detektor. Laju cacah isotop acuan pada hari ke-14 setelah penanaman isotop adalah (17199.6 ± 45.12) cpm, dengan efisiensi detektor = $(0.020 \pm 5.263 \text{ E-}05)$ %. Dari data jumlah isotop yang terisap pada daun tua dan daun muda pada hari ke 14 setelah penanaman isotop, menunjukkan isotop terserap paling besar terdapat pada koordinat P(10,5) sebesar 3.166 ± 0.139 %. Laju cacah dan persentase kadar isotop yang terserap pada daun muda dan daun tua hari ke 14 setelah penanaman isotop disajikan pada gambar 1. Dari Gambar 1 tampak bahwa penyerapan isotop terbesar pada hari ke-14 setelah penanaman isotop terdapat pada daun tua yang penanaman isotopnya dilakukan pada koordinat P(10,5). Hal ini menunjukkan bahwa pada koordinat ini memiliki jumlah akar tanaman yang terbanyak dibandingkan dengan jumlah akar tanaman pada koordinat lainnya.

Data hari ke 23 setelah penanaman isotop

Laju cacah isotop acuan pada hari ke-23 setelah penanaman isotop adalah (3088.8 ± 48.15) cpm, dengan efisiensi detektor = $(0.005 \pm 8.093 \text{ E-}05)$ %. Dengan cara yang sama, dihitung laju cacah sebenarnya dan persentase kadar isotop yang terserap pada daun muda maupun daun tua. Dari data jumlah isotop yang terserap pada daun tua dan daun muda 23 hari setelah penanaman isotop, isotop terserap paling besar terdapat pada koordinat P(5,20) sebesar 5.334 ± 0.242 %. Laju cacah dan persentase kadar isotop yang terserap pada daun muda dan daun tua hari ke 23 setelah penanaman isotop disajikan pada gambar 2. Dari Gambar 2 tampak bahwa

penyerapan isotop terbesar pada hari ke-23 setelah penanaman isotop terdapat pada daun tua yang penanaman isotopnya dilakukan pada koordinat P(5,20). Hal ini menunjukkan bahwa pada koordinat ini jumlah akar tanaman adalah yang terbanyak dibandingkan dengan jumlah akar tanaman pada koordinat lainnya.

Data hari ke 30 setelah penanaman Isotop

Laju cacah isotop acuan pada hari ke-30 setelah penanaman isotop adalah (715.2 ± 20.66) cpm dengan efisiensi detektor = $(0.003 \pm 7.232 \text{ E-}05)$ %. Dari data jumlah isotop yang terserap pada daun tua dan daun muda 30 hari setelah penanaman isotop, isotop terserap paling besar terdapat pada koordinat P(20,5) sebesar 13.08 ± 0.929 %. Laju cacah dan persentase kadar isotop yang terserap pada daun muda dan daun tua hari ke 30 setelah penanaman isotop disajikan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 tampak bahwa laju serapan isotop atau kadar isotop terbesar pada hari ke-30 setelah penanaman isotop terdapat pada daun muda dan daun tua yang memiliki pola serapan hampir sama. Keadaan ini menunjukkan bahwa pola perkembangan dan pertumbuhan akar tanaman pada koordinat yang ditinjau sudah mulai mantap. Hal lain yang juga tampak adalah adanya serapan isotop terbesar pada daun tua dan daun muda yang penanaman isotopnya dilakukan pada koordinat P(20,5), yang memiliki serapan isotop yang sama besarnya.

Dengan demikian koordinat P(20,5) memiliki jumlah akar tanaman yang terbanyak dibandingkan dengan jumlah akar tanaman pada koordinat lainnya.

Data hari ke 35 setelah penanaman Isotop

Laju cacah isotop acuan pada hari ke-35 setelah

penanaman isotop adalah (373.2 ± 11.64) cpm, dengan efisiensi detektor = $(0.001 \pm 3.288 \text{ E-}05)$ %. Dari data jumlah isotop yang terserap pada daun tua dan daun muda 35 hari setelah penanaman isotop, isotop terserap paling besar terdapat pada koordinat P(10,15) sebesar 4.655 ± 0.939 %. Laju cacah dan persentase kadar isotop yang terserap pada daun muda dan daun tua hari ke 35 setelah penanaman isotop disajikan pada gambar 4. Dari gambar 4 tampak bahwa laju serapan isotop atau kadar isotop terbesar terdapat pada daun muda yang penanaman isotopnya dilakukan pada koordinat P(10,15). Hal ini menunjukkan bahwa pada koordinat P(10,15) memiliki jumlah akar tanaman yang terbanyak dibandingkan dengan jumlah akar tanaman pada koordinat lainnya.

Penyerapan isotop tertinggi, pada daun muda maupun daun tua terjadi pada tanaman yang penanaman isotopnya diberikan pada koordinat P(20,5) setelah hari ke 30 penanaman isotop.

Tampak bahwa isotop yang ditanam pada berbagai koordinat dapat diserap oleh tanaman, namun dengan kadar terserap yang berbeda-beda, sehingga persentase isotop yang terserap pada daun muda dan daun tua berfluktuasi sebagai fungsi koordinat tanam. Hal ini menunjukkan bahwa:

- Pada seluruh koordinat tanam yang berjarak 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm dari tanaman serta pada kedalaman 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm terdapat sistem perakaran tanaman, sehingga isotop yang diberikan dapat terserap oleh tanaman.
- Pada masing-masing koordinat tanam yang diamati, sistem perakaran tanaman berbeda-beda, sehingga kadar isotop yang terserap juga berbeda-beda. Makin

banyak jumlah akar, makin besar pula jumlah isotop yang terserap, dan semakin besar pula persentase isotop yang terserap pada daun. Sebaliknya makin sedikit jumlah akar makin kecil pula jumlah isotop yang terserap tanaman, sehingga persentase isotop yang terserap pada daun juga lebih kecil.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase isotop (pupuk) yang diserap tanaman yang paling besar adalah pada tanaman yang pemberian isotopnya dilakukan pada koordinat P(20,5). Hal ini menunjukkan bahwa pola perakaran tanaman *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage* yang terbanyak adalah pada jarak 20 cm dari tanaman dan pada kedalaman 5 cm dari permukaan tanah. Pada koordinat ini serapan isotop adalah maksimum, sehingga apabila pemupukan diberikan pada koordinat ini maka residu yang dihasilkan dari penggunaan pupuk relatif lebih rendah dibandingkan jika dilakukan pemupukan pada koordinat lainnya. Hal ini kemungkinan memperkecil risiko pencemaran lingkungan.

Dari penelitian ini didapatkan sebuah gambaran mengenai sistem perakaran tanaman *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage* sehingga dapat diketahui dimana dan kapan pupuk harus diberikan kepada tanaman agar memiliki kemungkinan terserap oleh tanaman sebanyak-banyaknya dan menghasilkan residu seminimal mungkin. Sehingga penggunaan pupuk secara berlebihan tidak cocok diberikan kepada tanaman-tanaman tertentu karena telah diketahui berapa kemampuan tanaman untuk menyerap pupuk yang diberikan, dan perilaku penggunaan pupuk yang berlebihan berpotensi menjadi penyebab tercemarnya lingkungan.

Pemberian pupuk yang sesuai takarannya dan

tepat lokasi koordinat pada tanaman, menghemat pemakaian pupuk sehingga dapat mencegah tercemarnya lingkungan dan pemadatan struktur tanah.

KESIMPULAN

Pengendalian pencemaran lingkungan dapat dilakukan melalui pendekatan pada pemupukan dengan menggunakan perunut P-32, yang dalam penelitian ini dilakukan pada tanaman *Acalypha siamensis Oliv ex. Gage*, di mana koordinat optimal tercapai pada P(20,5) yang diindikasikan dengan minimnya residu yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Wiryosimin, S. 1995, *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*. Bandung : Penerbit ITB.
- (2) Kasan, S. 1978, *Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*. Jakarta : BATAN
- (3) Chapman, J.M. and G. Ayrey, 1981, *The Use of Radioactive Isotopes in Life Sciences*, Goerge Allen & Unwin, London.
- (4) Abdullah N.1982. "*Pengkajian Efisiensi Pemupukan Nitrogen, Aplikasi Teknik Nuklir di Bidang Pertanian dan Biologi*". Risalah Pertemuan Ilmiah, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, 9-11 Juni 1982, 46-54.
- (5) Foth, H.D. 1995. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- (6) Mitrosuhardjo M.M; Ruchyana, A. Djawanas, Sardjiyo dan Nazir, "*Keefisienan Paket-paket Pemupukan dalam Budi Daya Padi Sawah*". Risalah Pertemuan Ilmiah, BATAN, 14-15 Desember 1993, 22-30.
- (7) Wijatna, A.B.1996 Laporan Penelitian Studi Perakaran Tanaman dengan Senyawa Bertanda untuk Mengendalikan Penggunaan Pupuk Secara Berlebihan. Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 1996, 4-11.