

POLA PERTUMBUHAN DAN SERAPAN HARA *Echinacea purpurea*

MONO RAHARDJO, SUDIARTO, ROSITA SMD, dan SUKARMAN

BALAI PENELITIAN TANAMAN REMPAH DAN OBAT

RINGKASAN

Echinacea purpurea dari jenis *cone flower* dikenal sebagai tanaman *immune herbs* nomor satu di dunia, mempunyai khasiat meningkatkan aktivitas dan pembentukan sel darah putih. Pada saat ini telah diuji kemungkinannya dipergunakan sebagai obat adjuvan dalam pengobatan anti cancer, penyembuhan AIDS dan kelelahan yang kronis. *Echinacea purpurea* mempunyai khasiat lebih tinggi dalam peningkatan ketahanan tubuh dibandingkan dengan jenis *Echinacea* lainnya. Laju dan pola pertumbuhan serta serapan hara tanaman pada lingkungan baru merupakan data pendukung yang penting dalam pengembangan budidaya tanaman. Untuk memperoleh data pola pertumbuhan, serapan hara, dan mutu simplisia *E. purpurea* telah dilakukan penelitian berlokasi di Cipanas dengan ketinggian tempat 1100 m dpl, pada tahun 1999-2000. Ukuran petak percobaan adalah 4 m x 3 m sebanyak 6 petak, tanaman ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 40 cm. Pengambilan contoh tanaman dilakukan sebanyak 10 tanaman setiap fase pertumbuhan. Enam fase pertumbuhan tanaman diobservasi: 1) vegetatif 1 (V1) pada tanaman umur 1.0 bulan setelah tanam (bst), 2) vegetatif 2 (V2) pada 1.5 bst, 3) generatif 1 (G1) pada 2.0 bst, 4) generatif 2 (G2) pada 2.5 bst, 5) generatif 3 (G3) pada 3.0 bst, dan 6) generatif 4 (G4) pada 3.5 bst. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan, serapan hara N, P, K, Mg, dan S tanaman meningkat dengan bertambahnya umur tanaman dengan membentuk garis linier. Akumulasi partisi biomas tertinggi adalah pada batang + daun, dan terendah pada akar. Besarnya akumulasi biomas kering mencapai 75.72 g/tanaman, sedangkan besarnya serapan hara N, P, K, Ca, Mg, dan S masing-masing adalah, 1529.1, 140.01, 1943.25, 654.59, 358.66, dan 88.57 mg/tanaman.

Kata kunci : *Echinacea purpurea*, pola pertumbuhan, laju pertumbuhan, hara tanaman

ABSTRACT

Growth pattern and nutrient uptake of Echinacea purpurea

Echinacea purpurea or purple cone flower, belongs to Asteraceae family which grown naturally in North America. The plant known as is the number one immune herbs in the world, since it has a great potential for improving and developing leukocyte cell activity. Recently, *Echinacea* has been evaluated/tested as adjuvant in cancer therapy, AIDS and chronic exhaustion. *Echinacea purpurea* is more potential for immunity improvement than those of other herbal medicine. Therefore, the study on its growth rate, growth pattern, and nutrient uptake in a new tropical environmental condition is very important in order to support its cultivation technology, to identify the growth pattern, growth rate, nutrient uptake, and simplisia quality. A field trial had been conducted in Cipanas at 1100 m above sea level (asl) in 1999-2000. Plot size was 4 x 3 m, and plant spacing was 50 x 40 cm. Ten samples was taken from each growth stage of the plants. The growth stages were (1) vegetative 1 (V1) at 1 month after planting (map), (2) vegetative 2 (V2) at 1.5 map, (3) generative 1 (G1) at 2.0 map, (4) generative 2 (G2) at 2.5 map, (5) generative 3 (G3) at 3.0 map, and (6) generative 4 (G4) at 3.5 map. The results of the research showed that growth rate, nutrient uptake of N, P, K, Mg, and S linearly increased in line with the increase of plant ages. The highest dry weight accumulation was found on aerial part of plant (stem + leaf), and the lowest was occurred on root part. The amount of dry weight accumulation was 75.72 g/plant, and nutrient uptake of N, P, K, Ca, Mg, and S, respectively was 1529.1, 140.01, 1943.25, 654.59, 358.66, and 88.57 mg/plant.

Key words: *Echinacea purpurea*, growth pattern, growth rate, and nutrient uptake

PENDAHULUAN

Tanaman *Echinacea* mempunyai keunggulan, sebagai bahan baku obat modern banyak dipakai baik di Amerika maupun di negara-negara Barat, sehingga simplisia dan ekstrak *Echinacea* di pasar dunia laku keras. Ekstrak dan simplisia *Echinacea* sebagai bahan baku obat menempati papan atas dilihat dari harga maupun volume penjualan pada sistem perdagangan dunia, berarti mempunyai nilai ekonomis tinggi. Beberapa industri farmasi dan pabrik jamu di Indonesia telah menggunakan simplisia dan ekstrak *Echinacea* sebagai campuran maupun obat tunggal. Perolehan ekstrak tersebut melalui impor, dan disinyalir setiap tahunnya import ekstrak *Echinacea* terus meningkat.

Genus *Echinacea* merupakan tanaman obat asli Amerika Utara yang masuk ke dalam famili Asteraceae (SCHAUENBERG dan PARIS, 1977). Nama lain yang umum dipakai tanaman ini adalah *coneflower*. Kegunaannya sebagai obat dikenal pertama kali oleh suku Indian sejak abad ke 17. Suku Indian menggunakannya sebagai obat sakit gigi, gangguan saluran pernapasan, batuk, demam, berbagai infeksi, gigitan ular, dan menambah stamina (HOBBS, 1994).

Berbagai obat modern berasal dari bahan baku *Echinacea* (batang, daun, bunga dan akar) antara lain untuk pengobatan demam, sakit gigi, penghilang rasa sakit, herpes, flu, gangguan saluran pernapasan bagian atas, candidiasis, infeksi saluran kencing, luka bakar, penyakit kulit, bronkhitis, alergi, gigitan insek, rheumatik, dan leucopenia. *Echinacea* juga dikenal sebagai tanaman *immune herb* (peningkatan sistem kekebalan tubuh) karena mempunyai khasiat sebagai peningkatan pembentukan dan aktivitas sel darah putih. Pada saat ini telah diuji kemungkinannya dipergunakan sebagai anti cancer, penyembuhan AIDS dan kelelahan yang kronis (BURICK, *et al.*, 1997 dan CHEVALLIER, 1999). Jenis *E. purpurea* mempunyai khasiat lebih tinggi dalam peningkatan ketahanan tubuh dibandingkan dengan jenis lainnya (BURICK, *et al.*, 1997), dan adaptasi tumbuhnya kondisi Indonesia juga lebih baik dibandingkan jenis lainnya (RAHARDJO *et al.*, 2000).

Tanaman *Echinacea* selain dikembangkan di daerah asal, juga telah banyak di tanam di Eropa dan Australia, sedangkan di Indonesia baru mulai diteliti pada tahun 1998 oleh para peneliti Balitro. Tanaman *Echinacea* merupakan tanaman sub tropik, sehingga apabila akan dikembangkan di Indonesia diarahkan ke daerah-daerah dataran tinggi. Pada penelitian pendahuluan, tanaman *E. purpurea* mampu tumbuh normal pada lingkungan Indonesia pada ketinggian tempat antara 450 – 1100 m di atas permukaan laut (dpl) (RAHARDJO, 2000 dan RAHARDJO *et al.*, 2000).

Pola serapan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) mempunyai hubungan yang erat dengan pola pertumbuhan dan produktivitas tanaman pada umumnya. Akumulasi hara pada setiap bagian tanaman dipengaruhi oleh sifatnya yang mobil, tidak mobil dan ketersediaannya masing-masing hara di dalam tanah. Pola pertumbuhan serta serapan hara tanaman pada lingkungan baru merupakan data pendukung yang penting dalam pengembangan tanaman *Echinacea*. Dengan diketahuinya pola pertumbuhan dan serapan hara pada setiap fase pertumbuhan dapat menentukan arah pengelolaan tanaman ditinjau dari kebutuhan hara, sehingga produktivitas tanaman maksimal. Untuk itu maka dilakukan penelitian ke arah ini.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berlokasi di Instalasi Penelitian Balitbio, Cipanas dengan ketinggian tempat 1100 m di atas permukaan laut (dpl), pada tahun 1999-2000. Benih yang dipergunakan diperoleh dari impor asal Australia. Benih disemaikan dahulu di dalam polibag, umur bibit di dalam persemaian 1.5 bulan setelah tabur, kemudian dipindahkan ke lapang tempat percobaan. Ukuran petak percobaan adalah 4 m x 3 m sebanyak 6 petak, tanaman ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 40 cm. Tanaman dipupuk dengan pupuk kandang (kotoran sapi) sebanyak 30 ton/ha, diberikan seminggu sebelum tanam, tanpa dilakukan pemupukan pupuk buatan (anorganik).

Untuk memperoleh data pola pertumbuhan, serapan hara, dan mutu simplisia dilakukan pengambilan contoh tanaman sebanyak 6 kali berdasarkan fase pertumbuhan tanaman. Setiap sekali pengambilan contoh tanaman diperlukan 10 tanaman. Enam fase pertumbuhan tanaman tersebut berturut-turut adalah ; 1) vegetatif 1 (V1) pada tanaman umur 1.0 bulan setelah tanam (bst), 2) vegetatif 2 (V2) pada umur tanaman 1.5 bst, 3) generatif 1 (G1) pada tanaman umur 2.0 bst, 4) generatif 2 (G2) pada tanaman umur 2.5 bst, 5) generatif 3 (G3) pada tanaman umur 3.0 bst, dan 6) generatif 4 (G4) pada tanaman umur 3.5 bst.

Data untuk mendukung pola pertumbuhan adalah tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah bunga, akumulasi bahan kering akar, tajuk (batang + daun), bunga. Pola serapan hara didukung oleh data akumulasi hara N, P, K, Ca, Mg, dan S pada bagian tanaman batang + daun, akar, dan bunga. Analisis sifat fisik dan kimia tanah tempat penelitian juga diamati untuk mengetahui tingkat kesuburannya. Mutu simplisia yang diamati adalah kadar abu, kadar sari larut di dalam air.

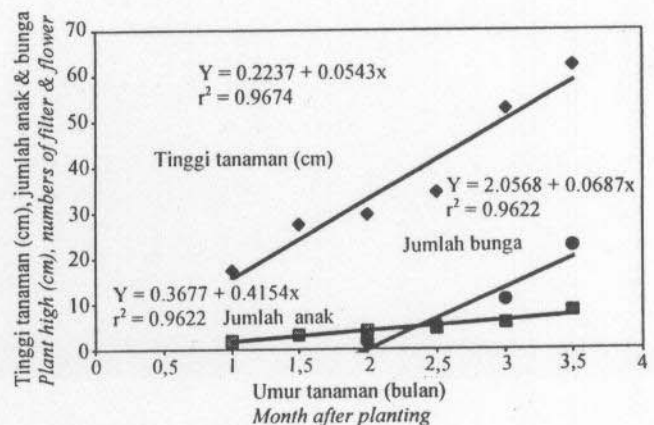
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah, lahan yang dipergunakan di dalam penelitian ini bertekstur pasir dengan tingkat kesuburan yang cenderung

rendah. Kadar N total (0.38%), P tersedia (0.11 ppm), dan nilai tukar K, Ca dan Mg masing-masing berturut-turut (1.26, 7.63, 0.75 me/100 g tanah). Kondisi lahan yang bertekstur pasir dan tingkat kemasaman dengan pH 5.5 merupakan kondisi yang relatif ideal untuk pertumbuhan tanaman *E. purpurea*. Pemberian pupuk kandang dengan kadar C organik (27.57%), N total (2.55%), P tersedia (1.31 ppm), dan K, Ca, Mg tukar masing-masing berturut-turut (1.52, 0.86, 0.79 me/100 g pupuk kering) diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Tanaman *Echinacea* pertumbuhannya akan lebih baik apabila diberi kompos (HOBBS 1994).

Tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah bunga apabila dikorelasikan terhadap meningkatnya umur tanaman akan membentuk garis linier (Gambar 1). Tinggi tanaman mencapai maksimum pada umur panen 3.5 bst adalah 61.97 cm, relatif sama dengan tinggi tanaman di daerah asalnya HOBBS (1994). Walaupun hubungan antara tinggi tanaman dengan umur tanaman membentuk garis linier, terlihat tinggi tanaman umur 2.0 dan 2.5 bst cenderung di bawah garis linier. Pertumbuhan tinggi tanaman pada saat 2.0 dan 2.5 bst agak terhambat, karena tanaman pada saat tersebut sedang memasuki masa generatif, sehingga energi banyak digunakan untuk pertumbuhan bunga. Maka perlu dikaji kemungkinannya diperlukan pemupukan susulan pada saat kondisi tersebut.



Gambar 1. Tinggi tanaman, jumlah anak dan bunga pertanaman tanaman obat *E. purpurea*

Figure 1. Plant height, number of tillers, and flowers per plant of *E. purpurea*

Jumlah anakan terus meningkat dengan meningkatnya umur tanaman, pada umur 3.5 bst rata-ratanya mencapai 8.17 tunas anakan/tanaman. Tanaman ini merupakan tanaman perenial (CECH, 2001), setelah tanaman utama mati, apabila kondisi lingkungan tumbuh memungkinkan maka akan muncul tanaman baru berasal dari tunas-tunas anakan. Sehingga apabila tanaman ini dibiarkan tumbuh terus, maka jumlah anakannya akan semakin bertambah.

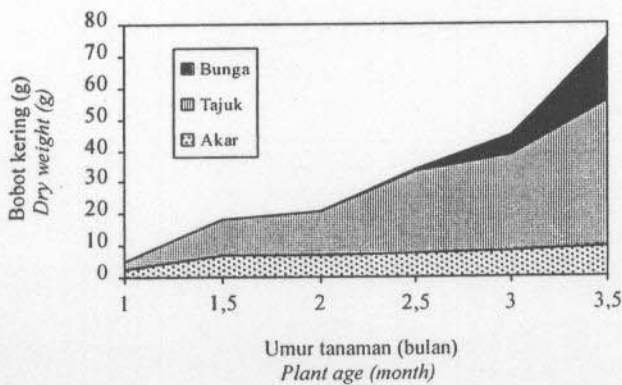
Tanaman *E. purpurea* memasuki masa generatif pada umur 2.0 bst, dan tanaman siap dipanen pada umur 3.5 bst, jumlah bunga rata-rata perumpun mencapai 22.5 kuntum. Apabila tanaman ini dibiarkan terus tumbuh,

tanaman terus membentuk bunga-bunga baru. Berdasarkan pengamatan jumlah bunga pada tanaman yang dibiarkan tumbuh hingga umur 4.5 bst, dapat mencapai 80 kuntum bunga pertanaman.

Pola pertumbuhan tanaman yang digambarkan oleh pola akumulasi bahan kering selama pertumbuhan berdasarkan peningkatan umur tanaman dapat dilihat pada Gambar 2. Pada awal-awal pertumbuhan, akumulasi akar dan tajuk (batang+daun) masih seimbang. Dengan bertambahnya umur tanaman, akumulasi tajuk lebih besar dibandingkan dengan akumulasi akar, terlihat pada tanaman umur 1.5 hingga 3.5 bst pertumbuhan akar tidak terjadi penambahan yang cukup berarti. Sedangkan pertumbuhan tajuk terus meningkat hingga umur tanaman 3.5 bst.

Akumulasi bahan kering pada bunga dimulai pada tanaman umur 2.0 bst dan terus meningkat hingga tanaman umur 3.5 bst. Ratio akumulasi tajuk dan akar pada awal pertumbuhan adalah seimbang, kemudian terus meningkat secara seimbang dan paralel dengan bertambahnya umur tanaman. Setelah memasuki fase generatif maka pertumbuhan tajuk akan lebih besar dibandingkan pertumbuhan akar sesuai dengan pendapat RUSSEL (1982).

Pada akhir pertumbuhan, bahan kering terbesar dialokasikan di bagian tajuk (45.84 g/tanaman), kemudian



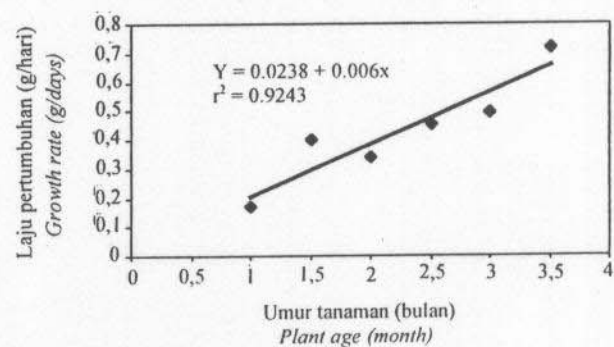
Gambar 2. Pola akumulasi bahan kering pada akar, tajuk, dan bunga (g/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*
Figure 2. Dry matter accumulation pattern of root, shoot, and flower (g/plant) of *E. purpurea*

bunga (20.16 g/tanaman), dan terendah adalah di bagian akar (9.72 g/tanaman). Hasil fotosintat banyak disimpan pada bagian vegetatif di tajuk dan bagian generatif di bunga. Akumulasi bahan kering tertinggi pada tajuk, karena *sink* terkuat adalah di bagian titik-titik tumbuh baik pada tajuk maupun bunga, sedangkan *sink* pada akar relatif lebih rendah.

Laju pertumbuhan tanaman yang dilihat berdasarkan akumulasi bahan kering perhari/rumpun adalah membentuk garis linier apabila dihubungkan dengan umur tanaman (Gambar 3). Semakin bertambah umur tanaman, semakin besar akumulasi bahan kering perhari/tanaman, mencapai maksimum pada umur 3.5 bst. Akumulasi bahan kering tanaman pada awal pertumbuhan umur 1.0 bst adalah 169

mg perhari/tanaman, kemudian meningkat pada umur 1.5 bst (400 mg perhari/tanaman), tetapi menurun pada umur 2.0 bst (340 mg perhari/tanaman), selanjutnya terus bertambah hingga umur 3.5 bst (721 mg perhari/tanaman). Tanaman pada umur 2.0 bst memasuki masa generatif, banyak energi dipergunakan untuk menyiapkan masa generatif, sehingga akumulasi bahan kering mengalami penurunan.

Laju pertumbuhan tanaman membentuk garis linier demikian juga pertambahan tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah bunga. Sehingga pola pertumbuhan tanaman semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman sampai tanaman berumur 3.5 bst. Pada kondisi tropis seperti di Indonesia tanaman dapat tumbuh terus dengan munculnya tunas baru walaupun bagian tanaman yang tua mati.



Gambar 3. Laju pertumbuhan, akumulasi bahan kering (g/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*
Figure 3. Growth rate, dry matter accumulation (g/day/plant) of *E. purpurea*

Hara Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur yang berperan aktif di dalam proses metabolisme tanaman, tanpa adanya unsur N maka metabolisme tanaman tidak akan terjadi. Kadar N tajuk berkisar 1.735–2.726%, N akar berkisar 2.30–2.974%, dan N bunga 2.461–2.718% (Tabel 1). Kadar N tajuk (batang + daun) pada awal pertumbuhan adalah 2.726% kemudian menurun hingga akhir pertumbuhan yaitu 1.735%, diduga terjadi retranslokasi N dari batang dan daun ke bunga. Nitrogen merupakan unsur yang mobil, pada kondisi penyerapan N rendah maka N pada bagian yang tua akan diretranslokasikan ke bagian-bagian titik tumbuh seperti bunga dan tunas baru. Sehingga pada akhir pertumbuhan, kadar N di bunga dan akar relatif lebih tinggi dibandingkan dengan di batang dan daun.

Nitrogen terakumulasi paling banyak pada tajuk (795.30 g/tanaman), kemudian pada bunga (496.10 g/tanaman), dan terendah di akar (237.70 g/tanaman) (Gambar 4). Pada awal pertumbuhan, N pada akar dan tajuk seimbang jumlahnya, dengan bertambahnya umur tanaman peningkatan akumulasi N di tajuk lebih besar dibandingkan

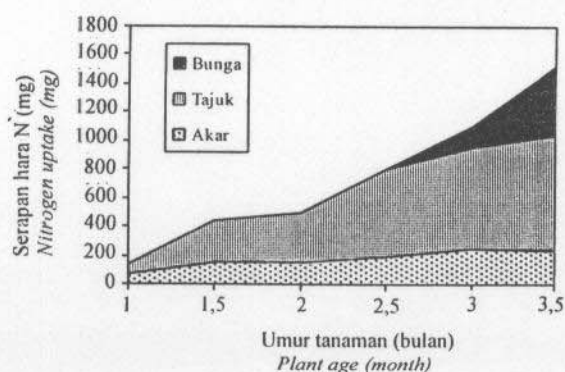
Tabel 1. Kadar N *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)

Table 1. Nitrogen content of *E. purpurea* at different growth stages; vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar N (%) Nitrogen content (%)					
Batang + daun Shoot	2.726	2.561	2.519	2.404	2.313	1.735
Akar Root	2.751	2.230	2.404	2.569	2.974	2.445
Bunga Flower	-	-	-	-	2.718	2.461

di akar, hal ini disebabkan sebagian besar hasil fotosintat terakumulasi di bagian tajuk. Bertambahnya akumulasi N dan fotosintat di tajuk berkorelasi positif, karena meningkatnya N dapat meningkatkan khlorofil kemudian aktivitas fotosintesis meningkat akhirnya hasil fotosintat bertambah (SCHAFFER dan GAYE, 1989).

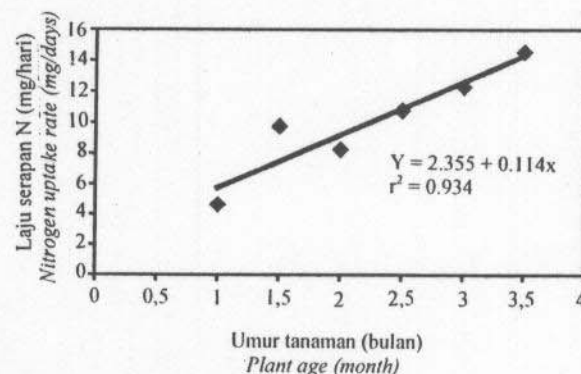
Nitrogen terakumulasi di bunga diawali pada tanaman umur 2.5 bst, peningkatannya sangat pesat hingga pada akhir pertumbuhan (496.10 g) pada tanaman umur 3.5 bst. Pesatnya laju akumulasi N di bunga disebabkan bunga merupakan *sink* terkuat dibandingkan bagian titik tumbuh lainnya. Di samping hal tersebut, N merupakan unsur utama dari protein yang banyak diakumulasi pada bagian generatif untuk pembentukan biji.



Gambar 4. Pola serapan hara N (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*

Figure 4. Pattern of nitrogen uptake (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*

Kebutuhan N dalam satu rumpun tanaman *E. purpurea* selama pertumbuhannya adalah 1 529.10 mg. Mengingat kebutuhan N tanaman *E. purpurea* cukup besar, maka pemupukan N sangat diperlukan. Pelaksanaan pemupukan hendaknya disesuaikan dengan tingkat kebutuhan dan waktu yang tepat sehingga efisien. Laju serapan N dengan bertambahnya umur tanaman terus meningkat hingga tanaman umur 3.5 bst (14.563 mg/hari/ tanaman), membentuk garis linier (Gambar 5). Berdasarkan pola dan laju serapan N pada tanaman ini, unsur N diperlukan sepanjang pertumbuhannya dan kebutuhannya bertambah hingga akhir pertumbuhan. Laju serapan N terjadi penurunan pada tanaman umur 2.0 bst (8.263 mg/hari/tanaman),



Gambar 5. Laju serapan hara N, akumulasi hara N (mg/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*

Figure 5. Rate of nitrogen uptake, nitrogen accumulation (mg/days/plant) of *E. purpurea*

sedangkan pada umur 1.5 bst adalah 10.79 mg/hari/ tanaman. Bertitik tolak dengan penurunan laju serapan N pada umur tanaman 2.0 bst, maka disarankan pemberian pupuk N pada saat ini. Diharapkan dengan tidak terjadinya penurunan laju serapan N pada umur 2.0 bst, dapat mempengaruhi terhadap peningkatan seluruh aspek pertumbuhan tanaman.

Hara Fosfor

Kadar hara P tanaman pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan kadar hara N, K, Ca, dan Mg, termasuk juga pada tanaman *E. purpurea* (Tabel 2). Kadar hara P di tajuk (batang + daun) berkisar 0.120 – 0.304%, di akar berkisar 0.155–0.256%, dan di bunga 0.184–0.275%. Kadar P tertinggi adalah 0.304% di tajuk pada tanaman umur 2.0 bst, pada saat ini terjadi awal pembentukan bunga (masa primordia) sehingga terjadi akumulasi P pada tajuk lebih besar, karena energi diperlukan lebih banyak pada awal masa generatif (pembentukan bunga). Kadar P tertinggi pada akhir pertumbuhan tanaman terdapat di bunga, karena bunga merupakan bagian tanaman yang pertumbuhannya lebih aktif dibandingkan di batang, daun dan akar.

Tabel 2. Kadar P *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
 Table 2. Phosphorus content of *E. purpurea* at different growth stages; vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

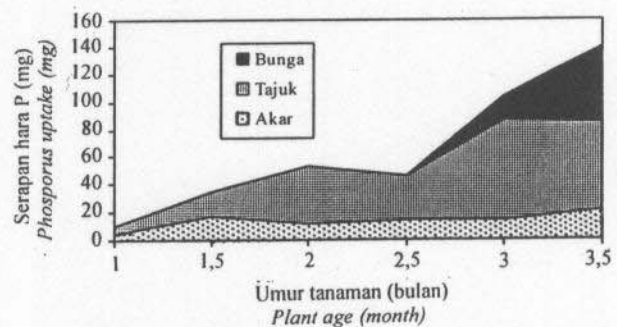
Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar P (%) Phosphorus content (%)					
Batang & daun Shoot	0.252	0.159	0.304	0.120	0.222	0.137
Akar Root	0.155	0.256	0.181	0.195	0.169	0.224
Bunga Flower	-	-	-	-	0.184	0.275

Akumulasi P di akar cenderung meningkat hingga umur tanaman 3.5 bst, namun terjadi penurunan pada umur tanaman 2.0 bst (11.31 mg/tanaman) kemudian meningkat kembali, sedangkan pada umur 1.5 bst adalah (17.33 mg/tanaman) (Gambar 6). Penurunan akumulasi P di akar diikuti meningkatnya akumulasi di tajuk, P diretranslokasikan ke bagian yang lebih aktif (bagian tajuk). Fosfor merupakan unsur yang mobil, sehingga mudah diretraslokasikan dari bagian tanaman yang tua ke bagian yang lebih muda (daerah yang aktif tumbuh).

Akumulasi P di tajuk menurun pada tanaman umur 2.5 bst (30.65 mg/tanaman), sedangkan pada umur 2.0 bst adalah 41.71 mg/tanaman. Penurunan tersebut diduga terjadinya peningkatan penggunaan unsur P pada awal-awal masa pembungaan, yang tidak diimbangi oleh penambahan serapan P dari tanah. Oleh karena itu pada masa awal pembungaan perlu dilakukan penambahan pupuk P. Perlu diingat bahwa pada umumnya pupuk P adalah lambat urai, sehingga pemberian pupuk P dapat dilakukan sebelum masuk masa generatif.

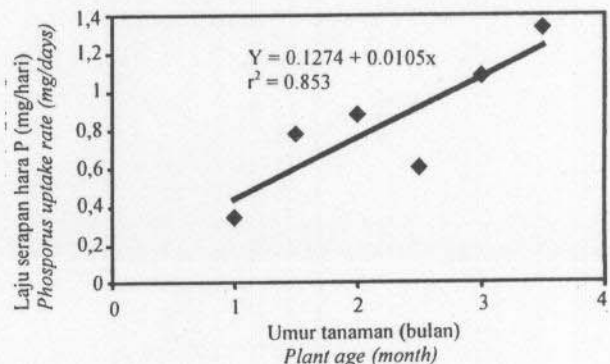
Akumulasi P pada akhir pertumbuhan (3.5 bst), terjadi penurunan di tajuk tetapi sebaliknya terjadi peningkatan yang pesat di bagian bunga, hara P diretranslokasikan dari tajuk ke bagian bunga. Bunga merupakan bagian yang sedang aktif mengalami pertumbuhan, sehingga merupakan *sink* yang kuat, P banyak diretranslokasikan dari tajuk ke bagian bunga.

Pola akumulasi P di akar tidak sefluktuatif di tajuk dan bunga. Akumulasi P pada akhir pertumbuhan terbanyak di tajuk (62.80 mg/tanaman), kemudian di bunga (55.44 mg/tanaman), dan terendah di akar (21.97 mg/tanaman). Tanaman *E. purpurea* selama pertumbuhannya memerlukan hara P sebanyak 140.01 mg/tanaman. Laju serapan hara P meningkat hingga akhir pertumbuhannya, dan membentuk garis linier apabila dihubungkan dengan umur tanaman (Gambar 7). Laju serapan P pada awal pertumbuhan tanaman (1.0 bst) adalah 0.35 mg/hari/tanaman, dan pada akhir pertumbuhan (3.5 bst) adalah 1.333 mg/hari/tanaman. Laju serapan P terjadi penurunan pada tanaman umur 2.5 bst yaitu 0.606 mg/hari/tanaman, sedangkan laju serapan P pada tanaman umur 2.0 bst adalah 0.884 mg/hari/tanaman. Berdasarkan pola dan laju serapan hara P (Gambar 6 dan 7), unsur P perlu dilakukan penambahan serapannya pada tanaman umur 2.5 bst. Untuk itu perlu dilakukan pemupukan P, hendaknya pelaksanaannya dilakukan sebelum tanaman umur 2.5 bst.



Gambar 6. Pola serapan hara P (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*

Figure 6. Pattern of phosphorus uptake (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*



Gambar 7. Laju serapan hara P, akumulasi hara P (mg/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*

Figure 7. Rate of phosphorus uptake, phosphorus accumulation (mg/days/plant) of *E. purpurea*

Hara Kalium

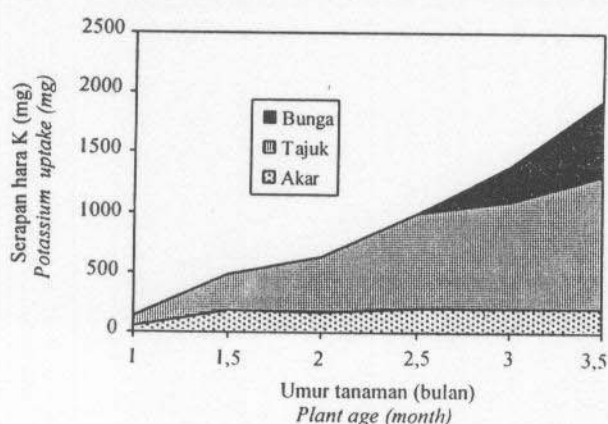
Fungsi unsur ini adalah sebagai transport hasil fotosintat dan unsur hara dari akar menuju ke pucuk tanaman (ALI *et al.*, 1991). Unsur K banyak terakumulasi di bagian daun apabila tanaman dalam keadaan kekurangan air (RAHARDJO, 2000). Kadar K di tajuk (batang & daun) berkisar 2.435–3.304%, di akar berkisar 2.017–2.713%, dan di bunga adalah 3.13% (Tabel 3).

Tabel 3. Kadar K *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
 Table 3. Potassium content of *E. purpurea* at different growth stages: vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

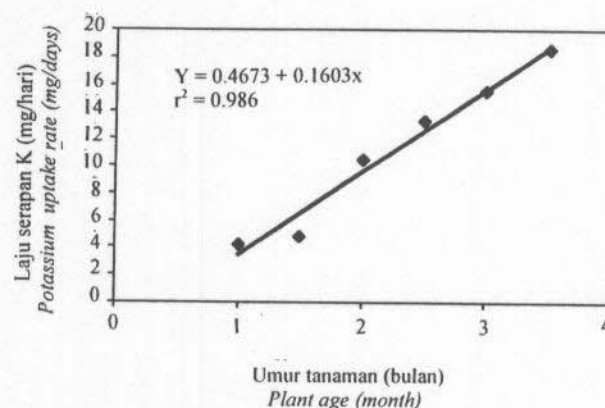
Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar K (%)			Potassium content (%)		
Batang + daun Shoot	2.626	2.696	3.304	3.130	2.957	2.435
Akar Root	2.400	2.713	2.713	2.609	2.348	2.017
Bunga Flower	-	-	-	-	3.130	3.130

Akumulasi K di tajuk dan bunga semakin bertambah banyak dengan bertambahnya umur tanaman, sedangkan di akar relatif konstan (Gambar 8). Pada akhir pertumbuhan tanaman, unsur K terakumulasi paling banyak di tajuk (batang + daun) yaitu sebanyak 1 116.20 mg/tanaman, kemudian di bunga 631 mg/tanaman, sedangkan di akar sebanyak 196.05 mg/tanaman. Total K yang terserap tanaman selama pertumbuhannya adalah sebesar 1 943.25 mg/tanaman. Jumlah ini cukup besar, lebih besar dibandingkan kebutuhan unsur N, oleh karena itu pemupukan K perlu dilakukan.

Laju serapan K terus meningkat jumlahnya semakin bertambah umur tanaman, dan membentuk garis linier (Gambar 9). Pada awal pertumbuhan (1.0 bst), laju serapan sebesar 4.261 mg/hari/tanaman, dan pada akhir pertumbuhan tanaman (3.5 bst) adalah sebesar 18.507 mg/hari/tanaman Laju serapan K pada umur tanaman 1.5 bst (4.82 mg/hari/tanaman) relatif lambat dibandingkan dengan laju serapan K berikutnya, sehingga pada saat ini perlu dilakukan penambahan unsur K, hendaknya dilakukan pemupukan K pada awal-awal pertumbuhan tanaman.



Gambar 8. Pola serapan hara K (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*
 Figure 8. Rate of potassium uptake (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*



Gambar 9. Laju serapan hara K, akumulasi hara K (mg/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*
 Figure 9. Rate of potassium uptake, potassium accumulation (mg/day/plant) of *E. purpurea*

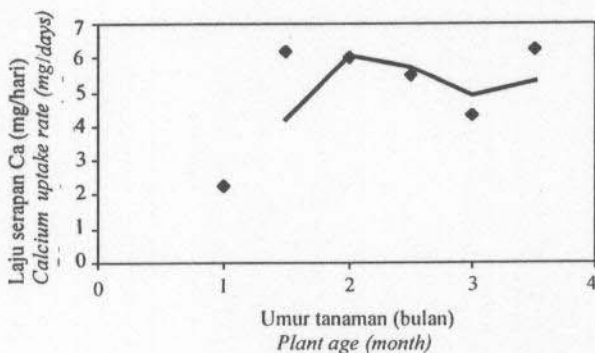
Hara Calsium

Fungsi Ca di dalam jaringan tanaman adalah sebagai penguat dinding sel dan pengaturan sifat permeabilitas dari membran sel tanaman, kekurangan Ca pada tanaman gejalanya terlihat pada bagian tanaman yang muda. Karena fungsinya penguat sel, maka Ca kadarnya paling banyak terdapat di tajuk (batang + daun) yaitu berkisar 1.054–2.432%, dan di bunga berkisar 0.649–0.689%, sedangkan di bunga berkisar 0.405 – 0.454% (Tabel 4).

Akumulasi Ca secara keseluruhan terjadi penurunan pada tanaman umur 3.0 bst, hal ini disebabkan penurunan akumulasi di tajuk, sedangkan akumulasi Ca di bunga dan akar cenderung bertambah (Gambar 10). Pada akhir pertumbuhan tanaman (3.5 bst), Ca paling banyak terakumulasi di bagian tajuk (476.32 mg/tanaman), dan kemudian di bunga (138.90 mg/tanaman), dan terendah di akar (39.37 mg/tanaman). Selama pertumbuhannya tanaman *E. purpurea* memerlukan unsur Ca sebanyak 654.59 mg/ rumpun. Jumlah ini cukup besar, walaupun lebih rendah disbandingkan kebutuhan unsur N, oleh karena itu pemupukan Ca perlu dilakukan apabila keadaan tanah dalam kondisi masam atau pH tanah dibawah 5.0.

Tabel 4. Kadar Ca *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
 Table 4. Calcium content of *E. purpurea* at different growth stages; vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar Ca (%) Calcium content (%)					
Batang + daun Shoot	2.076	2.222	2.432	1.476	1.054	1.054
Akar Root	0.454	0.405	0.414	0.438	0.430	0.405
Bunga Flower	-	-	-	-	0.649	0.689



Gambar 10. Pola serapan hara Ca (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*

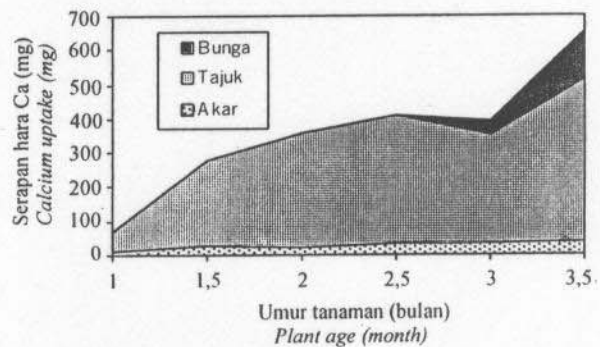
Figure 10. Pattern of calcium uptake (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*

Laju serapan Ca pada awal pertumbuhan sangat pesat, pada tanaman umur 1.0 bst (2.248 mg/hari/tanaman) dan pada umur 1.5 bst (6.164 mg/hari/tanaman), kemudian menurun, dan meningkat lagi pada umur 3.5 bst (6.234 mg/hari/tanaman) (Gambar 11). Penyerapan Ca tanaman selain dipengaruhi oleh ketersediaan Ca di tanah, juga dipengaruhi oleh besarnya tingkat transpirasi tanaman, pada awal pertumbuhan (fase vegetatif) diduga terjadi transpirasi yang tinggi, maka Ca banyak terserap. Tanaman memasuki fase generatif (2.0–3.5 bst) diduga aktivitas transpirasi menurun dan laju serapan Ca pun ikut menurun, dan pada akhir masa generatif transpirasi meningkat lagi yang diikuti oleh meningkatnya laju serapan Ca.

Hara Magnesium

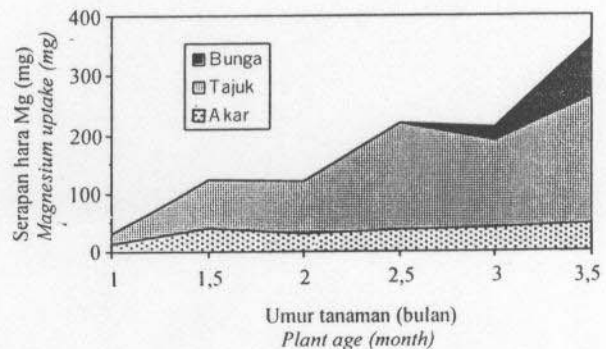
Berdasarkan fungsinya sangat penting dalam struktur khlorofil, maka kadar Mg pada bagian tajuk terutama di daun adalah lebih tinggi dibandingkan pada akar maupun di bunga (Tabel 5), terutama pada fase vegetatif dan awal pembungaan (0.673–0.766%). Sedangkan pada akhir masa generatif kadar Mg di tajuk menurun (0.472–0.481%), sedangkan di akar adalah berkisar (0.468–0.574%), dan di bunga berkisar (0.460–0.472%).

Pada awal pertumbuhan tanaman Mg banyak terakumulasi di bagian tajuk (batang & daun), hal ini sesuai



Gambar 11. Laju serapan hara Ca, akumulasi hara Ca (mg/hari/ tanaman) tanaman obat *E. purpurea*

Figure 11. Rate of calcium uptake, calcium accumulation (mg/day/plant) of *E. purpurea*



Gambar 12. Pola serapan hara Mg (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*

Figure 12. Pattern of magnesium uptake (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*

dengan fungsi dari Mg sebagai pembentuk khlorofil. Akumulasi unsur Mg pada akhir pertumbuhan tanaman, terbesar terdapat di tajuk (batang + bunga) (216.36 mg/tanaman), kemudian di bagian bunga (95.16 mg/tanaman), dan terendah terdapat di akar (47.14 mg/tanaman) (Gambar 12). Selama pertumbuhannya tanaman *E. purpurea* memerlukan unsur Mg sebesar 358.66 mg/tanaman.

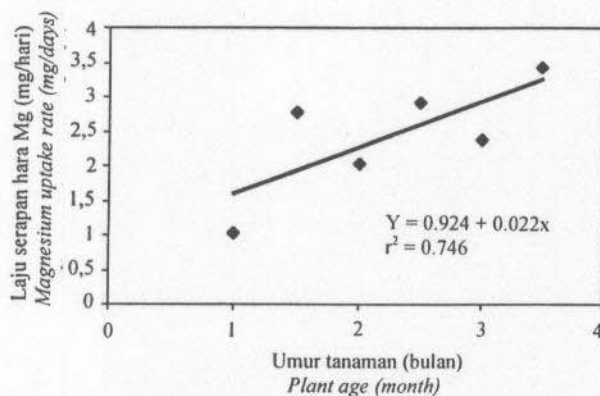
Laju serapan hara Mg terjadi naik turun, akan tetapi cenderung mempunyai trend meningkat dengan meningkat-

Tabel 5. Kadar Mg *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
 Table 5. Magnesium content of *E. purpurea* at different growth stage; vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar Mg (%)			Magnesium content (%)		
Batang + daun Shoot	0.681	0.766	0.673	0.715	0.481	0.472
Akar Root	0.511	0.574	0.472	0.468	0.488	0.485
Bunga Flower	-	-	-	-	0.460	0.472

nya umur tanaman, yang membentuk garis linier (Gambar 13). Laju serapan Mg pada awal pertumbuhan (1.0 bst) adalah 1 018 mg/hari/tanaman, kemudian meningkat dengan pesat umur tanaman 1.5 bst (2 779 mg/hari tanaman).

Kemudian menurun pada umur 2.0 bst (2 031 mg/hari/tanaman), meningkat lagi pada umur 2.5 bst (2.91 mg/hari/ tanaman), kemudian menurun pada umur 3.0 bst, dan meningkat lagi pada akhir pertumbuhan tanaman umur 3.5 bst (3.416 mg/hari/tanaman).



Gambar 13. Laju serapan hara Mg, akumulasi hara Mg (mg/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*

Figure 13. Rate of magnesium uptake, magnesium accumulation (mg/plant) of *E. purpurea*

Hara Sulfur

Ciri kekurangan S pada tanaman umumnya terjadinya khlorosis pada daun muda, sedangkan kekurangan N juga terjadi khlorosis tetapi dimulai pada daun tua. Unsur S yang diserap tanaman selain ditahan di akar, sebagian langsung dialokasikan ke bagian tanaman yang sedang aktif (titik tumbuh). Kadar S tertinggi terdapat di bagian akar berkisar 0.249 – 0.387%, di bagian bunga berkisar 0.152 – 0.177%, dan kemudian terendah di tajuk (batang & daun) berkisar 0.067 – 0.140% (Tabel 6).

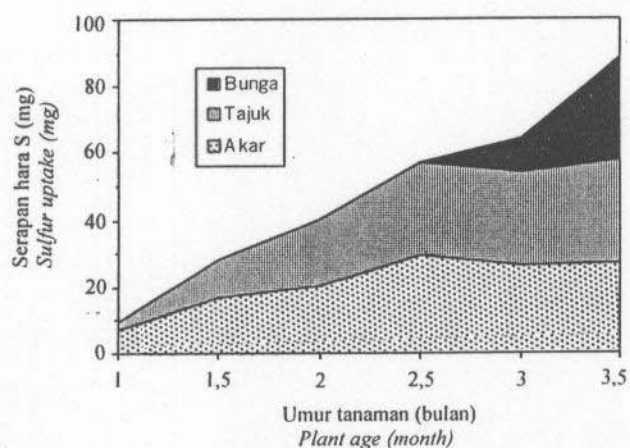
Echinacea purpurea yang ditanam tidak menunjukkan adanya ciri-ciri kekurangan unsur S. Penelitian ISMUNADJI (1989) menunjukkan bahwa tanah Cipanas kandungan S-nya cukup tinggi. Menurut MAKARIM (1989) tanah-tanah tegalan di Jawa Barat tidak terjadi kekurangan S, dan hanya sebagian saja tanah-tanah tegalan di Jawa Tengah dan Jawa Timur terjadi indikasi kekurangan hara S.

Hara S pada awal pertumbuhan (1.0 bst) hingga tanaman berumur 2.5 bst banyak terakumulasi di akar (Gambar 14). Sulfur terakumulasi hampir sama jumlahnya baik di tajuk (30.71 mg/tanaman), akar (27.22 mg/tanaman), dan di bunga (30.64 mg/tanaman) pada akhir pertumbuhan tanaman (3.5 bst). Selama pertumbuhannya, tanaman *E. purpurea* memerlukan unsur S sebanyak 88.57 mg/tanaman. Keperluan unsur S tanaman relatif lebih sedikit dibandingkan dengan keperluan unsur N, P, K, Ca, dan Mg. Karena tidak seluruh protein terbentuk dengan unsur S, hanya sebagian dari protein saja yang strukturnya memerlukan S.

Tabel 6. Kadar S *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)

Table 6. Sulfur content of *E. purpurea* at different growth stages; vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar S (%)			Sulfur content (%)		
Batang + daun Shoot	0.089	0.102	0.140	0.108	0.093	0.067
Akar Root	0.305	0.249	0.331	0.387	0.312	0.280
Bunga Flower	-	-	-	-	0.177	0.152

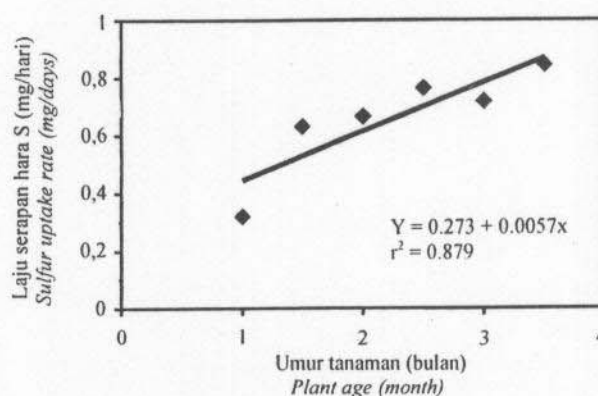


Gambar 14. Pola serapan hara S (mg/tanaman) pada akar, tajuk, dan bunga tanaman obat *E. purpurea*
Figure 14. Pattern of sulfur up take (mg/plant) of root, shoot, and flower of *E. purpurea*

Laju serapan hara S semakin meningkat dengan meningkatnya umur tanaman, membentuk garis linier (Gambar 15). Awal pertumbuhan tanaman (1.0 bst) laju serapan S mencapai 0.320 mg/hari/tanaman, dan pada akhir pertumbuhan (3.5 bst) mencapai 0.844 mg/hari/tanaman. Pemupukan S relatif jarang dilakukan, seandainya perlu pemupukan S maka dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk ZA.

Mutu Simplisia

Kadar abu di dalam tajuk (batang & daun) berkisar 8.03 – 14.67%, di dalam akar berkisar 7.59 – 13.23%, dan di dalam bunga berkisar 8.63 – 8.96% dengan kadar air tanaman 8.6% (Tabel 7). Berdasarkan WHO (1999), bahwa simplisia sebagai bahan baku obat untuk akar *Echinacea*



Gambar 15. Laju serapan hara S, akumulasi hara S (mg/hari/tanaman) tanaman obat *E. purpurea*
Figure 15. Rate of sulfur uptake, sulfur accumulation (mg/days/plant) of *E. purpurea*

tidak boleh lebih dari 9.0%. Tinggi rendahnya kadar abu di dalam bahan baku obat lebih banyak ditentukan oleh penanganan pasca panen, bukan penanganan pra-panen. Untuk memperkecil kadar abu, penanganan pasca panen dapat diperbaiki, dimulai dari pencucian material yang bersih dan cara pengeringan yang baik, sehingga mutu simplisia dapat memenuhi persyaratan mutu yang ditentukan.

Kadar sari simplisia yang larut di dalam air tercantum pada Tabel 8. Berdasarkan hasil pengamatan dari simplisia akar, tajuk, dan bunga kadar sari yang larut di dalam air cukup tinggi dan telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh WHO (1999), yaitu tidak boleh kurang dari 15%. Kadar sari yang larut di dalam air di tajuk (batang + daun) berkisar 24.82 – 31.40%, di akar berkisar 22.78 – 33.49%, dan di bunga berkisar 27.76 – 28.27%. Kadar sari di tajuk dan akar cenderung menurun dengan bertambahnya umur tanaman, namun masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, sedangkan kadar sari di bunga cenderung bertambah dengan bertambahnya umur tanaman.

Tabel 7. Kadar abu simplisia *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
Table 7. Ash content of simplisia *E. purpurea* at different growth stages: vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (BST) Growth stages (MAP)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar abu (%) Ash content (%)					
Batang + daun Shoot	11.95	8.03	14.67	14.56	9.81	8.59
Akar Root	8.21	13.23	9.95	9.98	8.03	7.59
Bunga Flower	-	-	-	-	8.96	8.63

Label 8. Kadar sari larut air simplisia *E. purpurea* pada beberapa umur; vegetatif 1 (V 1), vegetatif 2 (V 2), generatif 1 (G 1), generatif 2 (G 2), generatif 3 (G 3), dan generatif 4 (G 4)
 Table 8. Water soluble extract content of *E. purpurea* simplisia on different growth stages: vegetative 1 (V 1), vegetative 2 (V 2), generative 1 (G 1), generative 2 (G 2), generative 3 (G 3), and generative 4 (G 4)

Bagian tanaman Parts of plant	Umur tanaman (bst) Growth stages (map)					
	V 1(1.0)	V 2(1.5)	G 1(2.0)	G 2(2.5)	G 3(3.0)	G 4(3.5)
	Kadar sari larut air (%) Water soluble extract content (%)					
Batang + daun Shoot	28.19	26.93	31.40	28.34	25.53	24.82
Akar Root	33.49	28.45	25.10	25.35	24.82	22.78
Bunga Flower	-	-	-	-	27.76	28.27

KESIMPULAN

Laju pertumbuhan, serapan hara N, P, K, Mg, dan S tanaman *E. purpurea* semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman hingga 3.5 BST, dengan membentuk garis linier. Demikian juga pertumbuhan tanaman dengan parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah bunga semakin bertambah dengan bertambahnya umur tanaman hingga 3.5 BST. Akumulasi biomas kering pertanaman mencapai 75.72 g, terakumulasi di tajuk (batang + daun) sebesar 45.84 g, di bunga sebesar 20.16 g, dan terendah di akar sebesar 9.72 g. Besarnya hara tanaman N, P, K, Ca, Mg, dan S yang terangkut oleh tanaman masing-masing berturut-turut adalah 1 529.1, 140.01, 1 943.25, 654.59, 358.66, dan 88.57 mg pertanaman. Berdasarkan pola, laju pertumbuhan tanaman, dan mutu simplisia tanaman *E. purpurea* yang ditanam dengan ketinggian tempat 1100 m dpl di lingkungan Indonesia, bahwa tanaman ini dapat dikembangkan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- ALI, A. A., M. IKEDA and Y. YAMADA. 1991. Effect of the supply of K, Ca and Mg on the absorption and assimilation of ammonium and nitrate nitrogen in tomato plants. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 37(2):283-289.
- BISSET, N. G. and PHILLIPSON, J. D. 1994. *Echinacea* herbal/radix. *Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals*, ed. Max Wichtl, Marburg, Scientific Publ. Stuttgart, London, Tokyo, p. 182-184.
- BURICK, J., H. QUICK, and T. WILSON. 1997. Medicinal attributes of *Echinacea* spp. *Coneflowers*, 3p.
- CECH, R. A. 2001. Strictly medicinal seeds. Growing guide and catalog, spring/summer 2001, p. 31-33.
- CHEVALLIER, A. 1999. *The Encyclopedia of medicinal plants*. Dorling Kindersley Limited, London. Printed and bound in China by L. Rex Printing Co., Ltd., 336p.
- HOBBS, C. 1994. *Echinacea the immune herbs*, Botanica Press, Capitola, CA, 39p.
- ISMUNADJI, M. 1989. S. research on rice in Indonesia. Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping in Indonesia. *Proceedings of Seminar Held at Jakarta 18-20 July, 1989*. ed by Graeme Blair and Rod Lefroy, p. 91-94.
- MAKARIM, A. K., 1989. S. research on upland crops in Indonesia. Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia. *Proceedings of Seminar Held at Jakarta 18-20 July, 1989*, ed. by Graeme Blair and Rod Lefroy, p. 91-94.
- RAHARDJO, M. 2000. *Echinacea* tanaman obat introduksi potensial. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 6(2):1-3.
- RAHARDJO, M., SUDIARTO, A. DHALIMI, ROSITA-SMD, I. DARWATI, B. SUPARTOKO, ERNAWATI, R. PRIBADI, SUKARMAN, R. FATHAN, M. YUSRON, dan HERNANI. 2000. Peningkatan produktivitas dan mutu simplisia tanaman obat introduksi *Echinacea* spp. pada beberapa lingkungan tumbuh. *Laporan Hasil Penelitian*, Balitro, 26p.
- RUSSELL, R. S. 1982. *Plant root system: Their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill Book Co. p. 9-27.
- SCHAFFER, B. and G. O. GAYE. 1989. Gas exchange, chlorophyll and nitrogen content of mango leaves as influence by light environment. *Hort. Sci.* 24(3):507-509.
- SCHAUENBERG, P. and F. PARIS. 1977. *Guide to medicinal plants*. Cutterworth Press, Guildford and London. 349 p.
- WHO. 1999. *Monographs on selected medicinal plants*, Publ. The World Health Organization, typeset in Hong Kong, printed in Malta, (1):125-144.