

## Kandungan Klorofil, Karotenoid, dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik

**Madha Kurniawan\*, Munifatul Izzati\*, Yulita Nurchayati\***

*\*Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedharto, Kampus Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang*

### Abstract

Aquatic plants have important role in water ecosystem. They serve as the main producer, oxygen supplier and heavy metal absorption. Beside that, aquatic plants also economically potential, such as sources of chlorophyll, carotenoid and vitamin C. The aim of this experiment is to analyze the content of total chlorophyll, carotenoids and vitamin C in 13 species of aquatic plants. It is expected that these plants maybe used for commercial purposes. The plants were collected from Rawa Pening, Genuk stream, and brackish water shrimp pond in Kendal and Jepara. These chemical analysis were done by spectrophotometer, whereas vitamin C content was measured using iodometric titration method. Results indicated that the highest content of chlorophyll was resulted by *Ipomoea aquatica*, which is 22,1 mg/L. The highest content of carotenoid and vitamin C is resulted by *Nymphaea* sp., which were 3,42 mg/L and 14,1 mg/30 g respectively. It is concluded that *Ipomoea aquatica* and *Nymphaea* sp. have good commercial value as sources of pigment and vitamin C.

*Key words : aquatic plants, total chlorophyll, carotenoid, vitamin C.*

### Abstrak

Tumbuhan akuatik memiliki peran penting dalam ekosistem perairan, diantaranya sebagai produsen utama, pemasok oksigen, dan penyerap logam berat (biofilter). Selain itu, tumbuhan akuatik juga memiliki potensi lain di bidang industri pakan dan kesehatan yang dapat dikembangkan, yaitu sebagai sumber pigmen (klorofil dan karotenoid) dan vitamin C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan klorofil total, karotenoid, dan vitamin C pada 13 spesies tumbuhan akuatik yang kemudian dapat dimanfaatkan secara komersial sebagai alternatif sumber suplemen makanan. Tiga belas spesies tumbuhan air dikoleksi dari danau Rawa Pening, perairan di Genuk, tambak udang di Kendal, dan perairan air payau di Jepara. Metode yang digunakan adalah analisis spektrofotometri untuk pengukuran kadar klorofil total dan karotenoid melalui ekstraksi dengan aseton 80 %, sedangkan analisis vitamin C dilakukan dengan metode titrasi iodometri menggunakan larutan iodin standar 0,01 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan klorofil total paling tinggi terdapat pada *Ipomoea aquatica*, sebesar 22,1 mg/L, sedangkan kandungan karotenoid dan vitamin C paling tinggi terdapat pada *Nymphaea* sp., sebesar 3,42 mg/L dan 14,1 mg/30 g. Kesimpulan yang diperoleh adalah *Ipomoea aquatica* dan *Nymphaea* sp. memiliki potensi ekonomi sebagai alternatif sumber suplemen makanan.

*Kata kunci : tumbuhan akuatik, klorofil total, karotenoid, vitamin C.*

## **PENDAHULUAN**

Akuakultur merupakan kegiatan membudidayakan organisme akuatik, seperti ikan, moluska, krustacea, dan sebagainya yang bernilai ekonomi untuk pemenuhan kebutuhan hidup. Keberhasilan kegiatan ini dapat ditentukan oleh faktor kualitas air. Adanya penurunan kualitas air seperti kekeruhan, pengkayaan nutrisi (eutrofikasi), dan polusi perairan akan dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan sistem imunitas organisme akuatik tersebut terhadap penyakit. Akibatnya, perairan tersebut menjadi kurang mendukung digunakan untuk lahan budidaya (Irianto, 2007).

Salah satu cara untuk mengatasi masalah di atas adalah dengan memanfaatkan tumbuhan akuatik sebagai agen rehabilitasi perairan. Peran utama tumbuhan air adalah sebagai produsen utama, pemasok oksigen, bahkan dapat menyerap logam berat (Putra, 2006). Tumbuhan tersebut akan meningkatkan kadar oksigen dalam air, menyediakan makanan, melindungi serta tempat bersarang untuk ikan dan insekta, serta mencegah erosi dan kekeruhan air (Anonim, 1999). Tumbuhan air juga berfungsi sebagai biofilter yang menyerap kotoran dan urin ikan yang lambat laun bisa berakibat racun untuk pertumbuhan ikan itu sendiri (Rahwidhiyasa, 2008).

Selain bermanfaat sebagai agen rehabilitasi perairan, ternyata tumbuhan akuatik ini potensi ekonomi lain yang belum banyak digali adalah untuk bidang pangan dan kesehatan. Potensi ini berkaitan dengan pemanfaatan komponen yang terkandung di dalamnya, antara lain adalah kandungan pigmen (klorofil dan karotenoid) dan kandungan vitamin C. Spirulina merupakan salah satu organisme yang dimanfaatkan karena memiliki kandungan klorofil dua kali lebih banyak dari tumbuhan alfalfa yang notabene lebih dahulu di eksplorasi klorofilnya. Penelitian Laboratory of Viral Pathogenesis, Dana-Farber Cancer Institute and Harvard Medical School, Massachusetts, Amerika Serikat pada 1996 membuktikan bahwa spirulina dalam konsentrasi 5-10 g/mL mampu menghambat pembelahan sel HIV-1. Konsumsi spirulina terbukti memberikan masa hidup lebih lama pada pasien AIDS (Fitriani, 2007).

Karoten yang dikenal sebagai prekursor vitamin A (beta karoten), saat ini telah dikembangkan karoten sebagai efek protektif melawan sel kanker, penyakit jantung, mengurangi penyakit mata, antioksidan, dan regulator dalam sistem imun tubuh. Likopen yang terkandung dalam tomat mampu mengoksidasi LDL (*low density lipoprotein*) sehingga kadar LDL berkurang. Selain itu mengurangi resiko pembentukan

ateriosklerosis serta penyakit jantung koroner. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa likopen mampu mengurangi resiko penyakit kanker prostat, kanker paru-paru, kanker rahim, dan kanker kulit (Leffingwell, 2001).

Vitamin C diproduksi oleh tumbuhan dalam jumlah yang besar. Fungsi vitamin C bagi tumbuhan adalah sebagai agen antioksidan yang dapat menetralkan singlet oksigen yang sangat reaktif, berperan dalam pertumbuhan sel, berfungsi seperti hormon, dan ikut berperan dalam proses fotosintesis (Davey, 2006). Vitamin C hanya dapat dibentuk oleh tumbuhan dan terdapat pada sayuran serta buah-buahan dalam jumlah yang besar. Hal ini disebabkan karena tumbuhan memiliki enzim mikrosomal L-gulonolakton oksidase, sebagai komponen dalam pembentukan asam askorbat (Nasoetion & Karyadi, 1987 dan Padayatty *et al.*, 2003).

Keberadaan tumbuhan air berlimpah, namun belum banyak diketahui kandungan klorofil, karotenoid, dan vitamin C-nya. Oleh karena itu perlu diketahui kandungan senyawa-senyawa tersebut sehingga dapat digunakan sebagai bahan suplemen makanan.

## ***METODOLOGI***

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiga belas spesies tumbuhan akuatik yang dikoleksi dari danau Rawa Pening, perairan di Genuk, tambak udang di Kendal, dan perairan air payau di Jepara. Selanjutnya, tumbuhan-tumbuhan akuatik tersebut dipelihara dalam akuarium agar tetap tumbuh dan hidup selama maksimal 1 minggu.

### **Analisis kandungan klorofil total dan karotenoid**

Kandungan klorofil total dan karotenoid diukur dengan menggunakan metode spektrofotometri. Daun tumbuhan air digerus dengan mortar, kemudian diukur beratnya sebanyak 1 g. Sampel yang sudah digerus (*slurry*) kemudian diekstraksi dengan 100 mL aseton 80%, diaduk hingga klorofil dan karotenoid larut. Ekstrak tersebut disaring dengan kertas saring. Filtrat yang didapat ditempatkan dalam cuvet untuk selanjutnya diukur kandungan klorofil total dan karotenoidnya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 480 nm, 646 nm, dan 663 nm. Setelah didapat nilai absorbansi, kandungan klorofil dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{klorofil total (mg/L)} = (17,3 \times A646) + (7,18 \times A663) \text{ (Harborne, 1987)}$$

$$\text{karotenoid } (\mu\text{mol/L}) = \frac{(A480 + (0,114 \times A663)) - (0,638 \times A645 \times V \cdot 10^3)}{112,5 \times W}$$

$$1 \mu\text{mol/L} = 27,25 \text{ mg/L (Hendry \& Grime, 1993).}$$

Ket : A480 = absorbansi pada panjang gelombang 480 nm

A645 = absorbansi pada panjang gelombang 645 nm

A663 = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

V = volume ekstrak (mL), W = berat sampel (g)

### Analisis kandungan vitamin C

Analisis kandungan vitamin C dilakukan dengan metode titrasi iodometri. Tumbuhan tersebut digerus dengan mortar. Bahan yang sudah digerus (*slurry*) diambil sebanyak 30 g dan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL. Akuades ditambahkan sampai volume mencapai 100 mL, lalu disaring dengan kertas saring. Filtrat diambil 20 mL dan dimasukkan dalam labu Erlenmeyer 125 mL kemudian ditambahkan 2 mL larutan amilum 1%. Tahap selanjutnya adalah titrasi dengan larutan iodin standar 0,01 N yang dibuat dari bahan KI dan yodium sampai larutan berwarna biru. Sudarmaji (1989) menyatakan dalam 1 mL larutan iodin yang terpakai setara dengan 0,88 mg vitamin C, sehingga penghitungan kandungan vitamin C dapat dilakukan dengan mengalikan volume larutan

iodin yang terpakai dalam proses titrasi dengan 0,88 mg.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan ketiga belas tumbuhan air yang dikoleksi memiliki kandungan klorofil yang berbeda. Semua tumbuhan air yang diperoleh tersebut berasal dari tiga divisio, yaitu Magnoliophyta (*H. verticillata*, *C. demersum*, *E. crassipes*, *P. stratiotes*, *L. minor*, *Nymphaea* sp., *I. aquatica*, *R. maritima*, *Najas* sp., *M. spicatum*), divisio Pteridophyta (*A. pinnata*, *S. molesta*), serta divisio Chlorophyta (*C. linum*). Selain itu, genus masing-masing tumbuhan air dalam satu divisio tidaklah sama, sehingga menandakan bahwa ketiga belas tumbuhan air merupakan spesies yang berbeda. Oleh karena itu, kemampuan

biosintesis klorofil tidak sama antar spesies. Madja (1997) menyatakan biosintesis klorofil dibawakan oleh gen-gen tertentu di dalam kromosom. Menurut Wang *et al.* (1974) & Suzuki *et al.* (1997) gen-gen tersebut menyandi enzim yang akan berperan dalam jalur biosintesis tetrapirrol (inti porpirin) sebagai pusat struktur dari klorofil.

Djukri & Purwoko (2003) mengemukakan bahwa luas permukaan daun akan mengefisienkan penangkapan energi cahaya untuk fotosintesis secara normal pada kondisi intensitas cahaya rendah. Morfologi daun yang lebar pada *I. aquatica* dan *Nymphaea* sp., memungkinkan penangkapan cahaya yang optimal. Namun demikian, *R. maritima*, *Najas* sp., dan *M. spicatum* yang memiliki morfologi daun kecil dengan jumlah yang banyak, mampu mengoptimalkan penyerapan cahaya pada seluruh permukaan daunnya, sehingga kandungan klorofil totalnya tinggi. Bahkan dengan morfologi daun *C. linum* yang berbentuk filamen, mampu mensintesis klorofil karena tubuhnya tersusun atas sel-sel yang mengandung kloroplas. Morfologi demikian memungkinkan penyerapan cahaya dapat terjadi pada seluruh sel-sel penyusun tubuhnya, sehingga seluruh sel akan mampu mensintesis klorofil. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku untuk eceng gondok (*E. crassipes*) karena anatomi daunnya tersusun

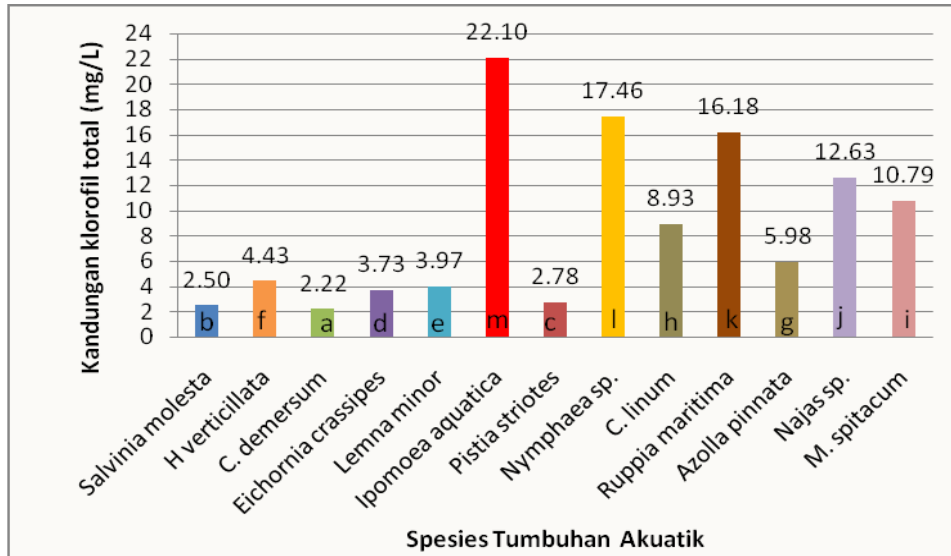
oleh jaringan dasar berupa parenkim udara (aerenkim) yang diduga jumlahnya lebih banyak bila dibandingkan dengan spesies tumbuhan akuatik lainnya yang diteliti. Aerenkim ini menjaga tumbuhan agar tetap terapung di atas permukaan air. Oleh karena itu, meskipun daun *E. crassipes* luas tetapi tidak kaya akan klorofil.

Habitat perairan Genuk memiliki kerapatan tumbuhan air yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan beberapa tumbuhan air ternaungi oleh tumbuhan air lainnya, sehingga cahaya akan terhalang. Marjenah (2001) dalam Irwanto (2009) menyatakan bahwa akibat dari cahaya yang terbatas, tumbuhan akan memacu pembentukan klorofil untuk mengefisienkan penangkapan cahaya, sehingga kandungan klorofil menjadi melimpah. Hal ini dapat dilihat dari tumbuhan air yang dikoleksi dari perairan tersebut, diantaranya *I. aquatica*, *Najas* sp., dan *M. spicatum* yang memiliki kandungan klorofil cukup tinggi bila dibandingkan dengan tumbuhan lainnya.

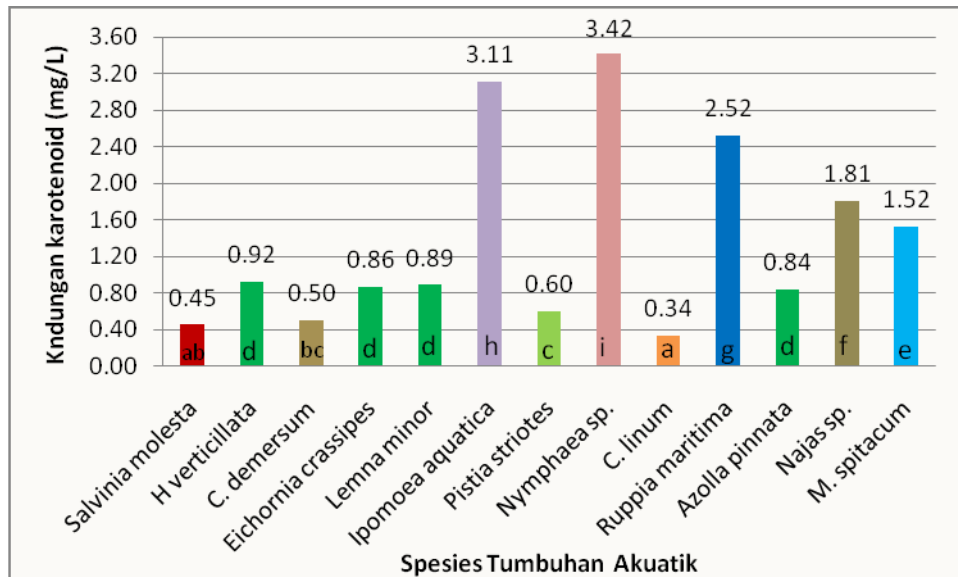
Beberapa tumbuhan air yang memiliki kandungan klorofil rendah ternyata memiliki kandungan senyawa lain yang lebih melimpah. Lehman *et al.* (1981); Bacerra *et al.* (1995); dan Bui *et al.* (1995) menyatakan bahwa *L. minor* memiliki kandungan protein tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan unggas. Eceng

gondok juga telah dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak kambing dan sapi karena memiliki kandungan protein dan karbohidrat yang cukup tinggi (Astuti, 2008), serta *H. verticillata* memiliki kandungan kalsium tinggi dan telah dimanfaatkan sebagai produk

suplemen kalsium (Anonim, 2009). Hal inilah yang mungkin menyebabkan kandungan klorofil tidak terlalu tinggi pada beberapa tumbuhan air, karena lebih terkonsentrasi dalam pembentukan senyawa lainnya dalam tubuh.



**Gambar 1.** Histogram kandungan klorofil total tiga belas spesies tumbuhan akuatik



**Gambar 2.** Histogram kandungan karotenoid dari tiga belas spesies tumbuhan akuatik

Tiga belas tumbuhan air yang diteliti memiliki kandungan karotenoid dengan jumlah yang berbeda-beda (Gambar 2). *Nymphaea* sp. memiliki kandungan karotenoid paling tinggi, yaitu 3,4 mg/L, sedangkan kandungan karotenoid paling rendah terdapat pada *C. linum*, yaitu 0,34 mg/L. Biosintesis karotenoid dipengaruhi oleh adanya gen *psy-1* dan *psy-2* yang akan menyandi enzim fitoen sintase. Adanya enzim tersebut akan mengawali biosintesis karotenoid (Simkin *et al.*, 2003). Perbedaan genetis antar spesies tumbuhan air akan mempengaruhi kemampuan dalam mensintesis karotenoid. Oleh karena itu, kandungan karotenoid antara spesies berbeda.

Johnson & An (1991) dan Albrecht & Sandmann (1994) mengemukakan bahwa cahaya merupakan salah satu faktor penting dalam biosintesis karotenoid. Menurut Bramley (2002) peran cahaya tersebut adalah untuk meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam biosintesis karotenoid. *Nymphaea* sp. dan *R. maritima* memiliki kandungan karotenoid tinggi karena mampu menoptimalkan cahaya dalam berlangsungnya biosintesis karotenoid. Demikian halnya dengan *I. aquatica*, *Najas* sp., dan *M. spicatum* yang memiliki habitat dengan kerapatan tinggi sehingga

mengakibatkan cahaya terhalang diduga berusaha mensintesis karotenoid lebih banyak untuk mengefisienkan penangkapan cahaya dalam proses fotosintesis.

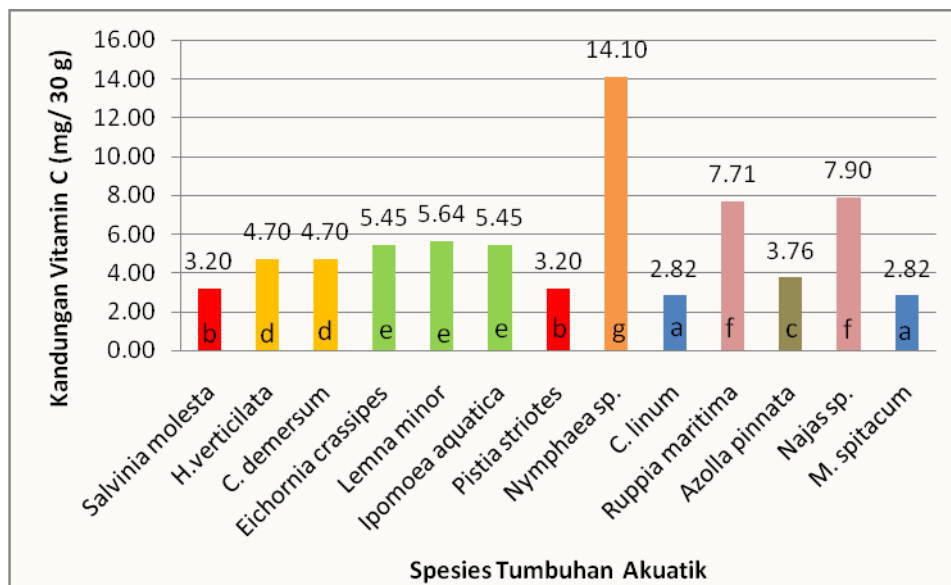
Serapan energi cahaya dapat dipengaruhi oleh morfologi daunnya. *Nymphaea* sp. dan *I. aquatica* memiliki morfologi daun yang lebar, sehingga energi cahaya akan diserap lebih optimal. Namun demikian, *R. maritima*, *Najas* sp., dan *M. spicatum* yang memiliki morfologi daun kecil dengan jumlah banyak mampu mengoptimalkan serapan cahaya pada seluruh permukaan daunnya, sehingga energi yang diperoleh akan lebih optimal.

Karotenoid merupakan senyawa isoprenoid yang dihasilkan dari salah satu jalur asam mevalonat. Threlfall & Whitehead (1988) dalam Harborne & Tomas-Barberan (1991) menyatakan bahwa jalur asam mevalonat tidak hanya membentuk senyawa isoprenoid saja tetapi juga membentuk senyawa metabolit lain; diantaranya isoflavonoid, indol alkaloid, diterpenoid, dan triterpenoid, sehingga diduga kandungan karotenoid yang rendah pada beberapa tumbuhan air lebih dioptimalkan untuk pembentukan senyawa-senyawa tersebut.

*C. linum* memiliki kandungan karotenoid paling rendah dapat disebabkan karena tumbuhan air ini termasuk dalam

famili Chlorophyta. Dawes (1981) menyatakan bahwa pigmen yang dominan pada kelompok ini adalah klorofil. Karotenoid berperan sebagai pigmen tambahan yang membantu klorofil dalam menyerap energi cahaya. Demikian halnya

dengan *S. molesta*, *C. demersum*, *P. stratiotes*, *H. verticillata*, *E. crassipes*, *L. minor*, dan *A. pinnata* memiliki kandungan klorofil lebih banyak, yang menandakan bahwa karotenoid berperan sebagai ‘pigmen asesoris’ dalam proses fotosintesis.



**Gambar 3.** Histogram kandungan vitamin C dari tiga belas spesies tumbuhan akuatik

Kandungan vitamin C pada ketiga belas spesies menunjukkan hasil yang beragam. Kandungan vitamin C paling tinggi terdapat pada *Nymphaea* sp. sebesar 14,1 mg/30 g, sedangkan kandungan vitamin C paling rendah terdapat pada *C. linum* dan *M. spicatum*, yaitu 0.63 mg/30 g dan 2.86 mg/30 g. Perbedaan kandungan vitamin C antar spesies tumbuhan akuatik dapat disebabkan oleh adanya faktor genetik. Biosintesis vitamin C diregulasi oleh adanya

gen-gen penyandi enzim yang berperan didalamnya. Zadeh *et al.* (2007) menyebutkan ada enam enzim yang disandi oleh gen-gen dalam biosintesis vitamin C, diantaranya mio-inositol oksidase (MIO), GDP-Manosa-3',5'-epimerase (GME), L-galaktono-gamma-lakton dehidrogenase (GLDH), asam D-galakturonic reduktase (GalUA), L-Galaktosa-1-fosfate fosfatase (GalPase), dan LGalaktosa dehidrogenase (GalDH). Keragaman spesies inilah yang



dapat menyebabkan perbedaan kandungan vitamin C pada setiap tumbuhan.

*Nymphaea* sp. mengandung vitamin C paling tinggi, selain itu tumbuhan tersebut memiliki kandungan klorofil dan karotenoid cukup tinggi yang sangat mendukung proses fotosintesis. Karbohidrat (glukosa dan galaktosa) yang terkandung dalam *Nymphaea* sp. dapat dimanfaatkan sebagai prekursor untuk pembentukan vitamin C. Jenis tumbuhan air ini tumbuh secara terapung, diduga kondisi ini lebih peka terhadap adanya tekanan lingkungan (misalnya polutan) yang berasal dari perairan maupun udara, sehingga memerlukan mekanisme pertahanan dengan membentuk vitamin C sebagai antioksidan. Smirnoff (1996) mengemukakan bahwa vitamin C sangat dibutuhkan oleh tumbuhan sebagai antioksidan, yaitu untuk melindungi dari kerusakan oksidatif yang dihasilkan dari proses metabolisme aerobik, fotosintesis, dan polutan.

Zadeh *et al.* (2007) menyatakan bahwa biosintesis vitamin C juga dapat dimulai saat terjadi tekanan lingkungan (misalnya luka) pada jaringan tumbuhan. Gen penyandi enzim dalam biosintesis vitamin C akan terekspresi, sehingga biosintesis vitamin C dapat berjalan. Habitat *Nymphaea* sp. yang terapung akan sangat rentan terhadap serangan hama dari perairan maupun udara,

sehingga apabila terdapat luka, tumbuhan akuatik ini akan meresponnya dengan membentuk vitamin C.

*Ipomoea aquatica*, *R. maritima*, *Najas* sp., dan *M. spicatum* memiliki kandungan klorofil yang tinggi. Namun, tumbuhan-tumbuhan ini mensintesis vitamin C dalam jumlah yang tidak banyak. Asumsinya adalah hanya sedikit karbohidrat yang mampu dimanfaatkan sebagai prekursor dalam sintesis vitamin C, selebihnya dimanfaatkan untuk metabolisme lainnya. Hal ini diduga terjadi pula pada beberapa spesies yang memiliki kandungan vitamin C rendah. Tumbuhan-tumbuhan air tersebut mensintesis vitamin C dalam jumlah sedikit, tetapi sudah cukup dimanfaatkan untuk mempertahankan diri dari tekanan lingkungan.

#### **Potensi tumbuhan air sebagai sumber suplemen makanan**

Kandungan klorofil paling tinggi terdapat pada *I. aquatica* (kangkung) dengan total klorofil yang terkandung sebesar 22,1 mg/L. Angka tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Prasetyahati (2005) terhadap kandungan klorofil daun kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*), yaitu sebesar 14,288 mg/L. Demikian halnya dengan penelitian oleh Sarmita (2008) terhadap kandungan klorofil pada daun alfafa, yaitu sebesar 8,34

mg/L. Selama ini *I. aquatica* (kangkung) telah dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan makanan, namun belum banyak dimanfaatkan sebagai suplemen makanan. Berdasarkan parameter klorofil yang diukur, *I. aquatica* memiliki potensi sebagai penghasil klorofil dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber suplemen makanan.

Kandungan karotenoid paling tinggi terdapat pada *Nymphaea* sp. sebesar 3,42 mg/L atau setara dengan 3,42 mg/kg. Leenhardt *et al.* (2004) meneliti kandungan karotenoid pada gandum (*Triticum aestivum*) yang mencapai 5,2 mg/kg, sedangkan Pandey *et al.* (2003) meneliti kandungan karotenoid pada beberapa buah labu (*Cucurbita moschata*) mencapai 6,74 mg/100 g berat segarnya setara dengan 67,4 mg/kg. Kandungan karotenoid *Nymphaea* sp. lebih rendah dibandingkan dengan gandum dan buah labu yang notabene merupakan organ penimbun. Hal ini diduga karena organ penimbun pada *Nymphaea* sp. tidak mengakumulasi karotenoid sebagai cadangan makanan. Karotenoid umumnya dijumpai terakumulasi pada jaringan atau organ penimbun sebagai cadangan makanan, contohnya buah tomat (Bramley, 2002 dan Simkin *et al.*, 2003), labu (Pandey, 2003), dan kentang (Morris *et al.*, 2004). Karotenoid pada *Nymphaea* sp. lebih berperan sebagai pigmen tambahan bagi fotosintesis.

Meskipun demikian, *Nymphaea* sp. memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai alternatif sumber penghasil karotenoid karena dari organ daun sudah dapat diekplorasi kandungan pigmen tersebut.

Kandungan vitamin C paling tinggi terdapat pada *Nymphaea* sp. mencapai 14,1 mg/30 g setara dengan 47 mg/100 g. Hasil ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan kandungan vitamin C yang terdapat pada buah mangga, melon, raspberry, dan limau, yaitu  $\pm 20$  mg/100 g, lemon  $\pm 40$  mg/100 g, dan hampir setara dengan buah jeruk dan strawberi, yaitu  $\pm 50$  mg/100g (Combs, 2008). Kedua jenis buah tersebut telah dimanfaatkan dan dikonsumsi oleh manusia. Dengan demikian, kandungan vitamin C pada *Nymphaea* sp. memiliki potensi sebagai sumber antioksidan dan suplemen kesehatan. Tentu saja penggunaan spesies-spesies tumbuhan air sebagai sumber vitamin C harus disertai dengan cara pengemasan yang lazim tanpa merusak keaktifan dari molekul vitamin C tersebut.

#### **KESIMPULAN**

1. Spesies *Ipomoea aquatica*, *Nymphaea* sp., *Ruppia maritima*, *Najas* sp., dan *Myriophyllum spitacum* memiliki potensi ekonomi karena memiliki kandungan klorofil

total, karotenoid, dan vitamin C yang tinggi.

2. *Ipomoea aquatica* memiliki kandungan klorofil total paling tinggi, sedangkan *Nymphaea* sp. memiliki kandungan karotenoid dan vitamin C paling tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adrizal. 2002. Aplikasi Program Linier Untuk Menganalisis Pemanfaatan *Salvinia molesta* Sebagai Bahan Pakan Itik. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Albrecht, M & Sandmann, C. 1994. Light-Stimulated Carotenoid Biosynthesis during Transformation of Maize Etioplasts Is Regulated by Increased Activity of Isopentenyl Pyrophosphate Isomerase. *Plant Physiol* 105: 529-534.
- Anonim, 1999. Duckweed and Watermeal Control in Missouri Lakes and Ponds. Aquaguide. Missouri Department of Conservation.
- Astuti, R. D. Analisis Kandungan Nutrisi pada Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) sebagai Bahan Pakan Alternatif bagi Ternak. Abstrak.
- Banwell, M., Blakey, S., Harfoot, G., & Longmore, R. 1998. First Synthesis of L-ascorbic acid (vitamin C) from a non-Carbohydrate Source. The Australian National University, Canberra. *Perkin Comunication Journal* : 3141-3142.
- Barnes, M. K. S., 2008. *Chaetomorpha linum*. Spaghetti algae. <http://www.marlin.ac.uk/species/Chaetomorpha.htm>. 5 Januari 2009.
- Becerra, M., Preston, T.R. & Ogle, B. 1995. Effect of Replacing Whole Boiled Soybeans with Duckweed (*Lemna* sp.) in The Diets of Growing Ducks. Livestock Research for Rural Development. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/LRRD/LRRD7/3/8.HTM>. 5 Januari 2008.
- Bui, X.M., Ogle, B. & Preston, T.R. 1995. Use Of Duckweed (*Lemna* sp.) as Replacement for Soya Bean Meal in a Basal Diet of Broken Rice for Fattening Ducks. Livestock Research for Rural Development. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/LRRD/LRRD7/3/2.HTM>. 5 Januari 2008.
- Bramley, P. M. 2002. Regulation of Carotenoid Formation During Tomato Fruit Ripening and Development. *Journal of Experimental Botany* 377 (53): 2107-2113.
- Combs, G.F. 2008. The Vitamins, Fundamental Aspects in Nutrition and Health. 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press, 2001 : 245-272. [http://en.wikibooks.org/wiki/Nutrition/Vitamin\\_C](http://en.wikibooks.org/wiki/Nutrition/Vitamin_C). 8 Februari 2009.
- Cunningham, F. X. 2002. Regulation of carotenoid synthesis and accumulation in plants. *Pure Appl. Chem* 8 (74) :1409-1417.
- Davey, M. W, Kenis, K., & Keulemans, J. 2006. Genetic Control of Fruit Vitamin C Contents. *Plant Physiology* 142: 343-351.
- Djukri & Purwoko, B. S. 2003. Pengaruh Naungan Paranet Terhadap Sifat Toleransi Tanaman Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Ilmu Pertanian* 2 (10): 17-25.
- Fitriani, V. 2007. Spirulina: Tumbuhan Laut Penggempur Penyakit. [http://groups.google.co.id/group/tarbiat\\_una-holistic/browse\\_thread/thread/7aa5ee99cfea5ea/900efdc913a201dc?hl=id&lnk=st&q=pigmen%2Bmanfaat%2Balgaa#900efdc913a201dc](http://groups.google.co.id/group/tarbiat_una-holistic/browse_thread/thread/7aa5ee99cfea5ea/900efdc913a201dc?hl=id&lnk=st&q=pigmen%2Bmanfaat%2Balgaa#900efdc913a201dc). 27 Desember 2007.

- Giovannoni, J. J. 2007. Completing a Pathway to Plant Vitamin Synthesis. The National Academy of Sciences of the USA. *PNAS journal* 104 : 9109–9110.
- Harborne, J. B. & F.A. Tomas-Barberan. 1991. Ecological Chemistry and Biochemistry of Plant Terpenoids. Clarendon Press. Oxford.
- Jacono, C. C., Richerson, M. M., & Howard, V. 2007. *Hydrilla verticillata*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. <http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.asp?speciesID=6>. 12 Mei 2007.
- Johnson, E. A., & An, G. H. 1991. Astaxantin from Microbial Source. *Critical Rev. Biotechnol* 11(4) : 297-326.
- Leffingwell, J. C. 2001. Carotenoids as Flavor & Fragrance Precursors. <http://leffingwell.com/caroten.htm>. 1 Januari 2008.
- Lehman, P. W., silk, W. K., & Knight, A.W. 1981. Protein and Nitrate Content of *Lemna* sp. as a Function of Developmental Stage and Incubation Temperature. *Plant Physiol* 68 : 127-132.
- Morris, W. L., L. Ducreux, D. W. Griffiths, D. Stewart, H. V. Davies, & M. A. Taylor. 2004. Carotenogenesis during tuber development and storage in potato. *Journal of Experimental Botany* 399 (55): 975-982.
- Irwanto. 2009. Pengaruh Perbedaan Naungan Terhadap Pertumbuhan Semai *Shorea* sp di Persemaian. <http://www.irwantoshut.com/> . 5 Maret 2009.
- Naik, P. S., Chanemougasoundharam, A., Khurana P. S. M. , & Kalloo, G. 2003. Genetic manipulation of carotenoid pathway in higher plants. *Current Science* 10 (85) : 1423-1430.
- Nasoetion, A. H. & Karyadi, D. 1987. Vitamin. PT. Gramedia. Jakarta
- Norris, S. R., Barrette, T.R., & Penna, D. D. 1995. Genetic Dissection of Camtenoid Synthesis in Arabidopsis Defines Plastocyanin as an Essential Component of Phytoene Desaturase. Departments of Biochemistry and Plant Sciences, University of Arizona, Tucson, Arizona
- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K., FACN., & Levine, Mark. 2003. Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. *Journal of the American College of Nutrition* 1 (22):18–35.
- Pandey, S., Singh, J., Upadhyay, A. K., Ram, D., & Rai, M. 2003. Ascorbate and Carotenoid Content in an Indian Collection of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 26: 51-53.
- Putra, S. E., & Bahri, S. 2008. Klorofil sebagai Darah Hijau Manusia. <http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=104>. 1 Januari 2008.
- Putra, S. E. 2006. Alga Sebagai Biotarget Industri. <http://www.indeni.org/content/view/full/141/76/>. 27 Desember 2007.
- Prasetyahati, D. 2005. Hubungan antara Jarak Lokasi Penanaman dari Sumber Sulfur Kawah Sikidang Dieng dengan Kadar Klorofil dan Karotenoid Daun Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Skripsi*. Jur. Biologi Fakultas MIPA Univ. Diponegoro. Semarang.
- Rahwidhiyasa, V. 2008. Aquascape.
- Sarmita, F. 2008. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Beberapa Legum pada Ketinggian tempat yang berbeda. *Skripsi*. Jur. Biologi Fakultas MIPA Univ. Diponegoro. Semarang.
- Simkin, A. J., Laboure, A.M., Kuntz, M., & Sandmann, G. 2003. Comparison of Carotenoid Content, Gene Expression

- and Enzyme Levels in Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Leaves. *Z. Naturforsch* 58 : 371-380.
- Smirnoff, N. 1996. The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants. *Annals of Botany* 78: 661-669.
- Sudarmadji, C. 1989. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Suzuki, J. Y., Bollivar, D. W., & Bauer, C. E. 1997. Genetic Analysis of Chlorophyll Biosynthesis. *Annual Review of Genetics* (31) : 61-89.
- Stern, K. R. 2003. Introductory Plant Biology. Mc Graw-Hill. New York.
- Wang W. Y., Wang W. L., Boynton J. E., & Gillham N. W. 1974. Genetic Control Of Chlorophyll Biosynthesis in *Chlamydomonas*. *The Journal Of Cell Biology* (63) : 806-823.
- Zadeh, H.R., J. Keulemans, & M.W. Davey. 2007. Expression Pattern of Key Vitamin C Biosynthesis Genes in Apple. *Comm. Appl. Biol. Sci* 72 (1): 269-273.