

Phenology Study of Aquatic Plants (*Sagittaria lancifolia* and *Echinodorus radicans*) in Purwodadi Botanic Garden

Elza Ismaya Dewi¹, Lusky Andriana¹, dan Rony Irawanto^{2,3}

¹ Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

² Kebun Raya Purwodadi - LIPI, Pasuruan.

³ Ilmu Lingkungan, Universitas Brawijaya, Malang.

Email: biony96@yahoo.com

Abstrak

The Purwodadi Botanic Garden as an *ex-situ* plant conservation institution have task of conservation, research, education, tourism and environmental services. This research aim is to observe of aquatic plants collection. One of the interesting, distinctive and unique aquatic plants collection species in Purwodadi Botanic Garden are *Sagittaria lancifolia* and *Echinodorus radicans*. Both of aquatic species belongs to Alismataceae family, where Indonesia has a high diversity of species from Alismataceae so it needs conservation efforts. *Sagittaria lancifolia* and *Echinodorus radicans* are ornamental plants that can be utilized for water purification through phytoremediation techniques. The use of *Sagittaria lancifolia* and *Echinodorus radicans* in reducing the toxicity of wastewater are still rarely studied and should be developed. Wastewater treatment system using plants or usually call phytoremediation techniques are easy and environment friendly. Therefore, observation needs to be done as basic research for phytoremediation. This phenological observations were conducted in the garden from January 22, 2018 to February 15, 2018. The results of phenological observations began to show the time of inflorescence, flowers bloom, fruitful time, ripe fruit, and fruitful finish.

Kata Kunci:

phenology;
Echinodorus radicans;
Sagittaria lancifolia;
Purwodadi Botanic
Garden.

PENDAHULUAN

Fenologi adalah ilmu tentang periode fase-fase yang terjadi secara alami pada tumbuhan. Berlangsungnya fase-fase seperti bunga dan buah, sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar, seperti lama penyinaran, suhu dan kelembaban udara (Fewless, 2006). Suatu tumbuhan akan memiliki perilaku yang berbeda-beda pada pola perbungaan dan perbuahannya, akan tetapi pada umumnya diawali dengan pemunculan kuncup bunga dan diakhiri dengan pematangan buah (Tabla dan Vargas, 2004).

Kegiatan pengamatan fenologi yang mencatat penampakan aktivitas tumbuhan secara berkala pada waktu tertentu merupakan salah satu aktivitas rutin yang dilakukan di kebun raya. Menurut Perpres 93/2011, kebun raya didefinisikan sebagai kawasan konservasi tumbuhan secara *ex-situ* yang memiliki koleksi tumbuhan terdokumentasi dan ditata berdasarkan pola klasifikasi taksonomi, bioregion, tematik atau kombinasi dari pola-pola tersebut untuk tujuan kegiatan konservasi, penelitian, pendidikan, wisata, dan jasa lingkungan.

Diterima:

12 September 2018

Dipresentasikan:

22 September 2018

Disetujui Terbit:

30 Desember 2018

Kebun raya di Indonesia sebagai lembaga konservasi tumbuhan, tidak diragukan lagi merupakan pilar penyelamatan tumbuhan dari kepunahan.

Kebun raya tidak semata tempat konservasi tumbuhan, namun juga sebagai objek pendidikan lingkungan. Peranan ini menjadi populer karena pengunjung dapat menikmati langsung keindahan kebun raya sekaligus menambah wawasan dan pengetahuan tentang tumbuhan (Irawanto, 2016). Tumbuhan yang memiliki keindahan bentuk namun juga berfungsi sebagai fitoremediasi adalah tumbuhan akuatik.

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah ataupun perairan yang terkontaminasi limbah. Akhir-akhir ini teknik fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya. Tumbuhan akuatik berfungsi sebagai pengelola limbah cair. Sehingga dengan adanya tumbuhan akuatik maka pencemaran air limbah dapat diatasi dan masalah kualitas air dapat diselesaikan.

Air limbah menjadi persoalan terutama di perkotaan dengan kepadatan penduduk yang semakin meningkat. Setiap rumah tangga yang tinggal di perkotaan pasti membutuhkan tempat pembuangan air limbah. Air limbah bila tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun kesehatan. Untuk itu perlu dikembangkan penelitian tentang jenis-jenis tumbuhan yang mampu mengakumulasi limbah sehingga aman bagi kesehatan dan lingkungan.

Indonesia termasuk negara yang memiliki system jaringan air limbah (*sewerage*) terendah di Asia, dan akses sanitasi layak belum dinikmati seluruh masyarakat Indonesia. Sehingga gangguan kesehatan banyak ditemui. Provinsi Jawa Timur memiliki akses sanitasi layak sebesar 62,9% lebih rendah dibandingkan Provinsi Jawa Tengah, DIY Yogyakarta, dan Bali (Nafia'ah, 2015).

Tumbuhan akuatik dalam pengolahan air limbah sudah banyak dilakukan baik dalam skala laboratorium maupun industri. Dari beberapa metode pengolahan biologis, penggunaan tumbuhan akuatik merupakan metode yang relatif baru dalam menurunkan kadar bahan organik di perairan (Irawanto, 2010). Penelitian ini bertujuan mengamati fenologi tumbuhan akuatik. Jenis tumbuhan akuatik yang diamati adalah *Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans*. Berapa waktu yang diperlukan dalam fase perbungaan dan perubahan fisik yang terjadi selama fase perbungaan sampai perbuahan pada kedua tumbuhan akuatik tersebut. Informasi ini diharapkan dapat menambah khasanah pengetahuan mengenai aspek fenologi *Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans* yang memiliki potensi besar sebagai fitoremediasi air limbah.

METODE

Penelitian dilakukan secara deskriptif, berdasarkan studi literatur dan observasi/pengamatan di lapangan. Studi literatur dilakukan terkait deskripsi mengenai tumbuhan akuatik (botani, ekologi dan potensinya), sedangkan observasi dilakukan untuk mencatat fenologi pada beberapa tumbuhan akuatik koleksi *Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans* di Kebun Raya Purwodadi-LIPI.

Penelitian dilaksanakan selama sebulan dari 22 Januari s/d 15 Februari 2018, pada kedua jenis tumbuhan akuatik (*Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans*), masing-masing empat individu yang diamati pada kolam 2 dan kolam 3. Alat observasi yang digunakan berupa alat tulis, buku lapangan, kamera dan alat ukur berupa meteran. Data yang diperoleh dianalisis

secara deskriptif dengan membuat tabulasi grafik dan table dengan gambar pada setiap fase-fase yang ditemui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Tumbuhan Akuatik

Secara umum tumbuhan akuatik dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori: a. Mengapung (*floating*) dimana seluruh bagian tumbuhan atau sebagian (daun) mengapung pada permukaan air, b. Muncul (*emerged*) dimana tumbuhan muncul diatas permukaan air namun akarnya berada dalam sedimen, dan c. Tenggelam (*submerged*) dimana seluruh tumbuhan berada di dalam air (Tanaka *dkk.*, 2011). Pengelompokan ini biasanya didasarkan atas posisi alami tumbuhan akuatik tersebut berada di perairan (Beardshow, 2003).

Menurut Irawanto (2009) terdapat 34 jenis tumbuhan akuatik yang ditemukan di Kebun Raya Purwodadi dan berpotensi sebagai tanaman hias, sumber pangan, obat dan kerajinan. Seiring waktu terjadi perubahan koleksi tumbuhan akuatik menjadi 15 jenis (Irawanto, 2013). Sedangkan inventarisasi terakhir hanya terdapat 10 jenis tumbuhan akuatik koleksi, salah satunya suku Alismataceae (Irawanto, 2015). Suku Alismataceae hampir seluruhnya merupakan tumbuhan yang berada pada habitat perairan atau tumbuhan akuatik (Lawrence, 1964). Menurut Heywood *dkk.* (2007) suku Alismataceae merupakan suku tumbuhan akuatik (*water-plantain family*) yang terdiri dari 80 jenis dengan penyebaran kosmopolitan. Koleksi tumbuhan suku Alismataceae di Kebun Raya Purwodadi saat ini terdiri dari 2 jenis yaitu *Echinodorus radicans* dan *Sagittaria lancifolia*. Kedua jenis tumbuhan akuatik tersebut diuraikan secara singkat dibawah ini.

***Echinodorus radicans* (melati air)**

Dikenal dengan nama melati air atau *burhead*. Tumbuh berumpun setengah terendam. Daun tunggal, kaku, tangkai bersegi hingga membulat ke arah pangkal daun, panjang 50-100 cm, diameter 1-3 cm, keras, beralur sepanjang tangkai dan berbintik-bintik putih dengan warna dasar hijau muda. Bentuk daun bulat telur, pangkal berlekuk, ujung membulat, tulang daun menjari, menonjol jelas ke arah permukaan bawah, permukaan atas kasap, berwarna hijau muda. Tepi daun rata dan merupakan anak tulang daun yang menyatu dari pangkal ke ujung daun. Perbungaan muncul ditengah tangkai daun, tersusun seperti untaian payung, bunga berkelopak hijau keras dan kecil, bermahkota putih tipis berukuran lebih besar dari kelopak, putik dan benang sari berwarna kuning. Melati air kerap berbunga tak kenal musim dan tidak perlupenanganan khusus karena mudah untuk hidup (Mursito, 2011). Namun melati air tidak tahan dengan sinarmatahari sepanjang hari. Jika daunnya berwarna kekuning-kuningan, sebaiknya dipindah ke tempat yang sedikit terlindung (Mursito, 2011). Tersebar di Amerika tengah, lembah Mississipi dan Venezuela, berasal dari Brazil, Peru, Meksiko, dan Uruguay. Perbanyakkan dengan biji dan anakan (Hidayat *dkk.*, 2004). Habitusnya dapat dilihat pada Gambar 1.

***Sagittaria lancifolia* (daun tombak)**

Dikenal dengan nama *arrowhead*, karena daunnya berbentuk mata panah atau menyerupai tombak. Tumbuhan tegak dan kaku, mencapai tinggi 1 m. Daun berbentuk seperti tombak, lonjong agak menyempit atau berbentuk hampir seperti pita memanjang. Warna daun hijau cerah dan agak mengkilat, dengan tulang daun agak menonjol. Bunga tersusun

dalam pusaran. Bunga kecil-kecil berwarna putih, dengan totol cokelat di bagian tengah, tersusun dalam tandan. Pada satu tandan, setiap pusaran rata-rata terdiri dari 3 kuntum bunga yang mahkotanya berwarna putih dan membulat. Kelopak terdiri atas 3 helai berukuran kecil, berwarna kehijauan. Habitat pada kolam-kolam yang tidak terlalu dalam tetapi memiliki tanah lumpur yang cukup subur. Umumnya dimanfaatkan sebagai tanaman hias. Berasal dari Amerika tropis terutama daerah Florida sampai Puerto Rico. Perbanyak dengan biji dan anakan. Masa berbunga sepanjang tahun (Hidayat *dkk.*, 2004; Don *dkk.*, 2000). Habitusnya dapat dilihat pada Gambar 1.



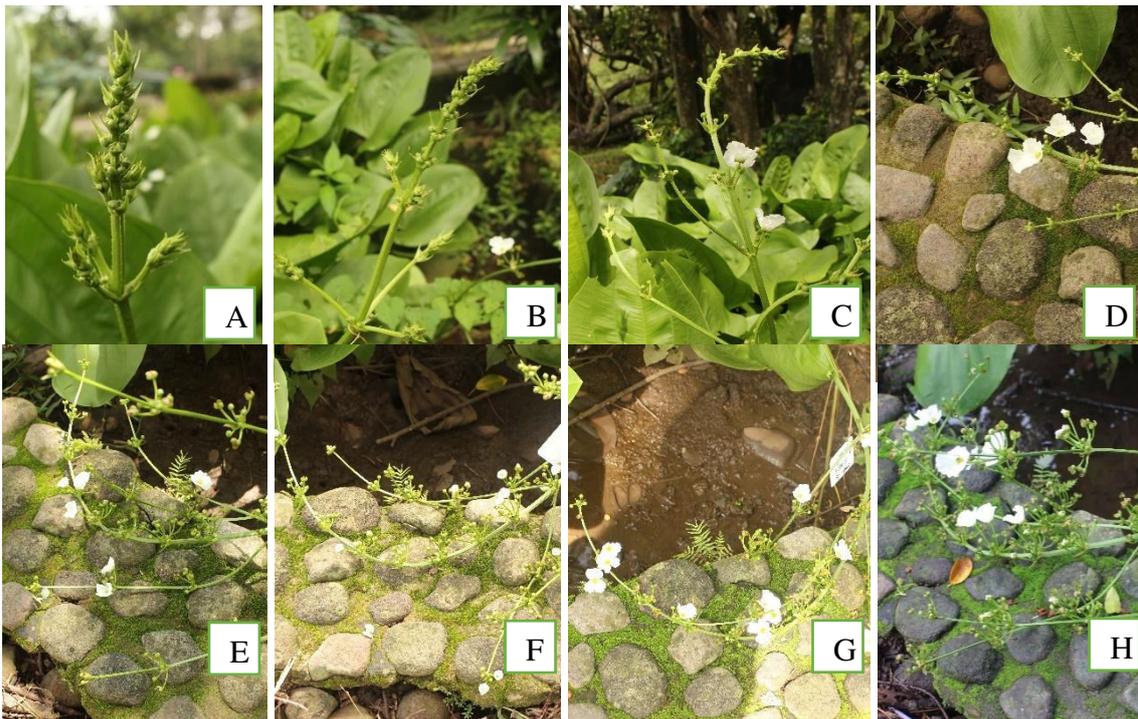
Gambar 1. Habitus koleksi tumbuhan akuatik *Echinodorus radicans* (1) dan *Sagittaria lancifolia* (2).

Fenologi Tumbuhan Akuatik

Secara ekologi data fenologi ini sangat penting, untuk mengetahui perilaku jenis tumbuhan pada suatu daerah tertentu atau respon terhadap perubahan iklim yang merupakan proses adaptasi tumbuhan tersebut di alam (Irawanto, 2014). Kegiatan pengamatan fenologi yang mencatat penampakan aktivitas tumbuhan secara berkala pada waktu tertentu merupakan salah satu aktivitas rutin yang dilakukan di kebun raya.

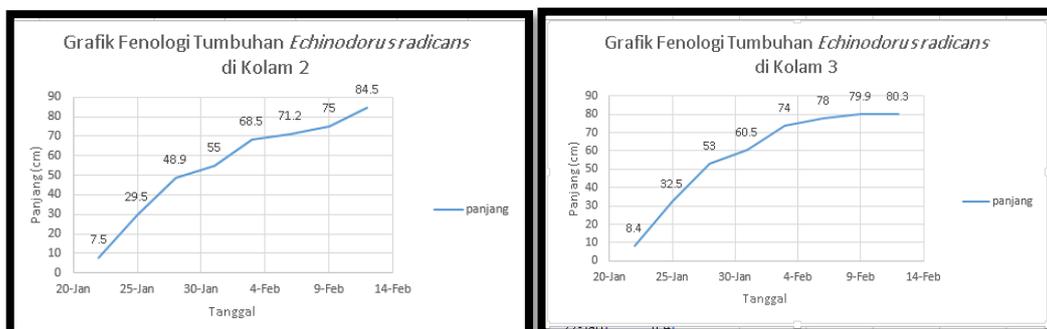


Gambar 2. Pengamatan Fenologi Tumbuhan *Echinodorus radicans* di Kolam 2 (A = Hari ke-1; B = Hari ke-4; C = Hari ke-7; D = Hari ke-10; E = Hari ke-13; F = Hari ke-16; G = Hari ke-19; H = Hari ke-21)

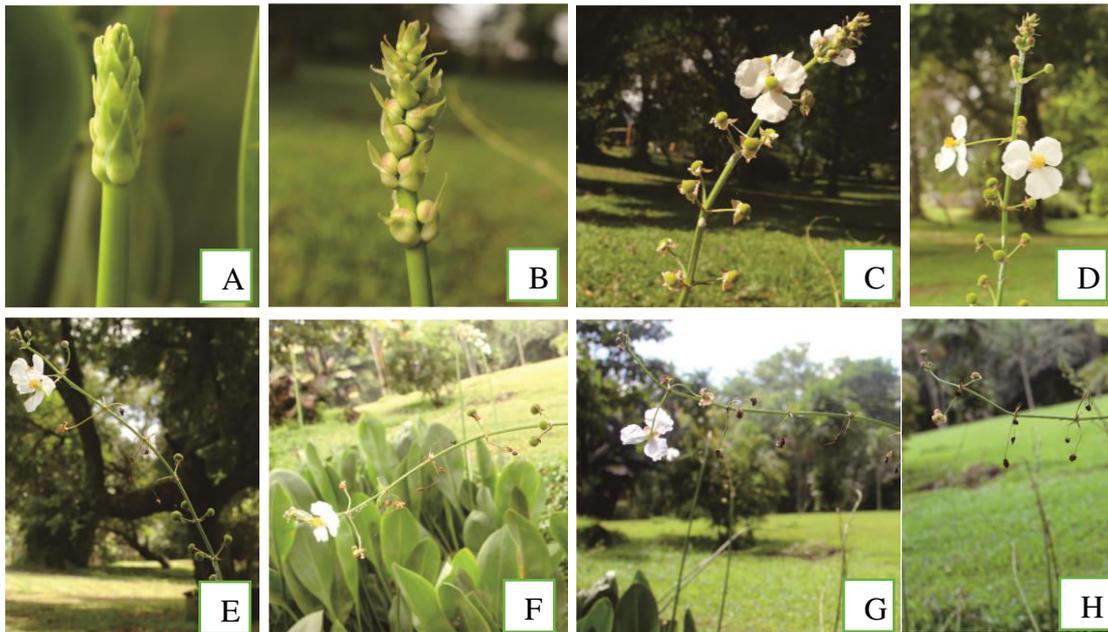


Gambar 3. Pengamatan Fenologi Tumbuhan *Echinodorus radicans* di Kolam 3 (A = Hari ke-1; B = Hari ke-4; C = Hari ke-7; D = Hari ke-10; E = Hari ke-13; F = Hari ke-16; G = Hari ke-19; H = Hari ke-21)

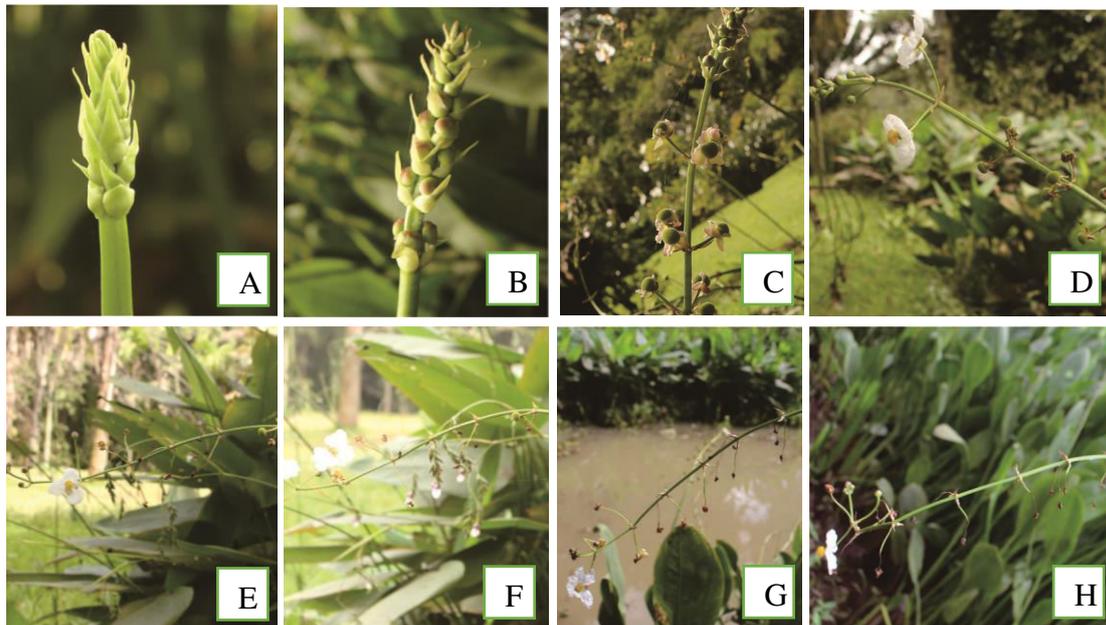
Berdasarkan dari pengamatan di kolam 2 (Gambar 2) dan kolam 3 (Gambar 3) maka data grafik fenologi tumbuhan *Echinodorus radicans* (Gambar 4) didapatkan hasil linear antara waktu (hari) dan panjang tumbuhan (cm) di kolam 2 dan kolam 3. Pengamatan pertama dilaksanakan pada tanggal 23 Januari dengan panjang tumbuhan 7,5 cm dan pengamatan terakhir pada tanggal 12 Februari dengan panjang 84,5 cm. Sedangkan kolam 3 pengamatan pertama tumbuhan *Echinodorus radicans* memiliki panjang 8,4 cm dan pengamatan terakhir yaitu 80,3 cm. Dapat disimpulkan tumbuhan *Echinodorus radicans* pada kolam 2 memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan tumbuhan *Echinodorus radicans* pada kolam 3. Pengamatan ini dilakukan tiga hari sekali dan sebanyak delapan kali pengamatan.



Gambar 4. Grafik Fenologi Tumbuhan *Echinodorus radicans* di Kolam 2 dan Kolam 3.



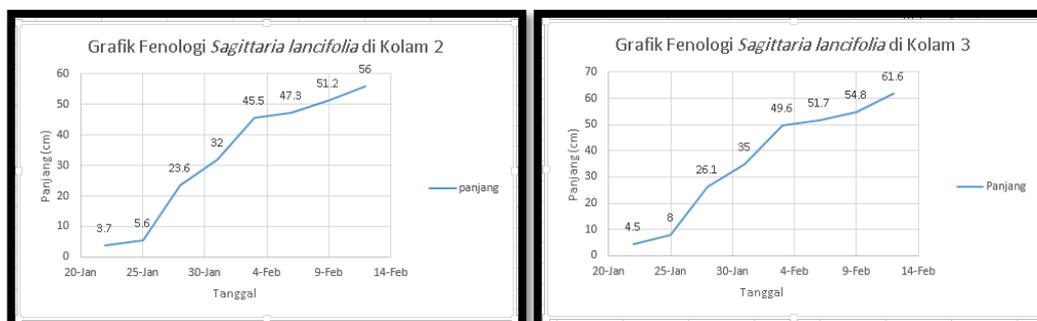
Gambar 5. Pengamatan Fenologi Tumbuhan *Sagittaria lancifolia* di Kolan 2 (A = Hari ke-1; B = Hari ke-4; C = Hari ke-7; D = Hari ke-10; E = Hari ke- 13; F = Hari ke-16; G = Hari ke-19; H = Hari ke-21).



Gambar 6. Pengamatan Fenologi Tumbuhan *Sagittaria lancifolia* di Kolan 3 (A = Hari ke-1; B = Hari ke-4; C = Hari ke-7; D = Hari ke-10; E = Hari ke- 13; F = Hari ke-16; G = Hari ke-19; H = Hari ke-21).

Berdasarkan dari pengamatan di kolam 2 (Gambar 5) dan kolam 3 (Gambar 6) maka data grafik fenologi tumbuhan *Sagittaria lancifolia* (Gambar 7) didapatkan hasil linear antara waktu (hari) dan panjang tumbuhan (cm) di kolam 2 dan kolam 3. Pengamatan pertama dilaksanakan pada tanggal 23 Januari dengan panjang tumbuhan 3,7 cm dan pengamatan terakhir pada tanggal 12 Februari dengan panjang 56 cm. Sedangkan kolam 3 pengamatan pertama

tumbuhan *Echinodorus radicans* memiliki panjang 4,5 cm dan pengamatan terakhir yaitu 61,6 cm. Dapat disimpulkan tumbuhan *Sagittaria lancifolia* pada kolam 3 memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan tumbuhan *Sagittaria lancifolia* pada kolam 2. Pengamatan ini dilakukan tiga hari sekali dan sebanyak delapan kali pengamatan.



Gambar 7. Grafik Fenologi Tumbuhan *Sagittaria lancifolia* di Kolam 2 dan Kolam 3.

Pengamatan fenologi tumbuhan *Sagittaria lancifolia* fase pertama adalah fase inisiasi yang merupakan stadia paling awal dari proses perkembangan bunga setiap spesies tanaman. Pada fase ini bunga tanaman *Sagittaria lancifolia* hanya memiliki dua bagian yaitu tangkai bunga dan kuncup. Keseluruhan sampel bakal bunga yang diamati memperlihatkan penampilan warna bakal tangkai bunga yang hijau serta warna kuncup bunga yang juga hijau. Pengamatan panjang terhadap bakal bunga dilakukan mulai dari pangkal tangkai sampai ujung kuncup pada saat awal inisiasi rata-rata berkisar antara 3,7 – 4,5 cm sedangkan pada akhir fase inisiasi kisaran panjang mencapai 1,4 – 1,7 cm.

Posisi bakal bunga pada tanaman *Sagittaria lancifolia* terdapat di bagian atas ketiak daun pada ranting. Jumlah kuncup bunga yang paling banyak berasal dari ketiak daun cabang primer. Kuncup bunga tersebut nantinya akan berkembang menjadi bunga dengan struktur bergerombol (klaster) (Najiyati dan Danarti, 2004). Fase kedua adalah fase kuncup kecil penampilan menonjol yang dapat diamati pada saat fase kuncup kecil adalah terdapatnya gerombolan bakal buah yang membentuk bongkol/klaster. Bakal buah menempel pada receptacle yakni suatu struktur perantara yang menghubungkan ovary dengan tangkai bunga. Pada fase ini belum terlihat adanya struktur petal, sedangkan sepal sudah muncul dengan jelas.

Dari pengamatan struktur luar selama stadia ini, tidak terlihat adanya perubahan warna pada bagian-bagian bunga seperti ovary, sepal dan warna tangkai bunga sejak fase inisiasi dimana seluruhnya tetap berwarna hijau. Pengamatan panjang kuncup yang diukur dari pangkal tangkai bunga sampai ujung kuncup paling atas pada saat awal dari fase kuncup kecil berkisar 32 cm. Fase kuncup besar perhitungan jumlah hari kumulatif rata-rata yang dibutuhkan untuk mencapai stadia kuncup besar sejak awal inisiasi adalah 47 hari. Fase kuncup besar tersebut diperkirakan rata-rata berlangsung selama 5 hari (kisaran 4-7 hari). Saat awal stadia kuncup besar, tabung mahkota terlihat sudah keluar dari ovary yang membungkusnya, akan tetapi putik dan benang sari masih dibungkus atau ditutup oleh petal yang pada saat tersebut belum mekar.

Selanjutnya adalah fase bunga terbuka (anthesis) terjadi sejak fase kuncup besar berakhir, yakni rata-rata setelah hari ke 52 sejak awal fase inisiasi dengan kisaran antara 50 sampai 57 hari. Fase anthesis ditandai dengan terjadinya pemekaran yang sempurna dari kuncup bunga

dimana petal membuka secara sempurna sementara putik mulai keluar dari dalam selubung petal. Benang sari yang melekat pada petal sudah mulai kelihatan dari luar. Setelah tercapai secara penuh, maka tidak terjadi lagi pertumbuhan pada beberapa bagian bunga terutama dari segi panjang. Fenomena yang sama juga terjadi pada pada anggrek bambu dimana setelah kuncup bunga mengalami pemebaran sempurna, tidak terjadi lagi pertumbuhan bunga baik panjang maupun lebarnya (Rukmini, 1997).

Potensi Fitoremediasi Tumbuhan Akuatik

Kedua jenis tumbuhan akuatik diatas (*Echinodorus radicans* dan *Sagittaria lancifolia*) berdasarkan dari kajian penelitian sebelumnya diketahui memiliki potensi dalam pengolahan air. Tumbuhan akuatik mempunyai kemampuan yang cukup baik dalam menyerap dan mengurai atau menurunkan kandungan polutan itu sendiri. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya sistem perakaran. Sistem perakaran yang terletak di dasar perairan, kuat, panjang dan menjalar sehingga sangat efektif dalam memperluas area tempat mikroorganisme melekat.

Penyisihan logam pada lindi menggunakan tumbuhan *Echinodorus* mampu menyerap logam Cu, Fe dan Zn dengan efisiensi sebesar 82,9% (10,67 mg/l Cu), 92,3% (4270,93 mg/l Fe) dan 90,5% (59,06 mg/l Zn) dengan waktu detensi lebih efektif selama 6 hari (Wibowo dkk., 2014). Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) PDAM penggunaan bahan koagulan Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) akan menjadi limbah. Dengan *Echinodorus* dapat menyerap logam Al dengan tingkat efektivitas paling tinggi 98,53% (konsentrasi Al akhir 4,699 mg/l dari awal 314,74 mg/l) dibandingkan jenis lain (Satriyana dkk., 2014). Pada air limbah industri penyamakan kulit dengan *Echinodorus* dapat menurunkan beban pencemar BOD, COD dan TSS berturut-turut sebesar 98,92% (10,32 mg/l), 73,74% (409 mg/l) dan 69,34% (145 mg/l) (Sutyasmi dan Susanto, 2013). Pada penelitian limbah cair rumah sakit memiliki kandungan bahan B3 seperti mikroba patogen, bahan kimia, disinfeksi dan farmasi, menggunakan *Echinodorus* memiliki nilai tertinggi laju evapotranspirasi (60 mm/hari) yang berhubungan dengan kemampuan tumbuhan dalam menyerap limbah. Selain itu tumbuhan tersebut dapat menurunkan beban TSS, ortofospat, amonium, surfaktan dan fenol (Permatasari dan Mangkoedihardjo, 2012).

Pada industri rumah tangga, seperti: rumah potong hewan (RPH) dan industri tahu memiliki limbah cair dengan kandungan organik tinggi. Efisiensi penyisihan *Sagittaria* mencapai 96,33% dengan beban influen ABR 4000 mg/l COD. Koefisien kinetik untuk *Sagittaria* adalah K_T 0,28-0,57/hari, K_s 1,41-2,12 $m^3/m^2/hari$ dan OL 0,0076-0,0373 $kg/m^2/hari$ (Munazah dan Soewondo, 2008). Tumbuhan *Sagittaria* jugadapat mengakumulasi logam Cd, Cu, Fe, As, Zn, Hg, Cr pada bagian tumbuhan seperti daun, bunga, batang dan akar. Hasil penelitian menunjukan *Sagittaria* terbaik sebagai akumulator logam As (0,126-0,14 $\mu g/g$), Cd (1,12-1,63 $\mu g/g$) dan Cu (1,38-2,08 $\mu g/g$) (Singh dkk., 2014). Jenis *Sagittaria* dapat digunakan untuk meremediasi logam berat seperti Cr, Cu, Ba, Ti, Co, dan Pb (Vardanyan dan Ingole, 2006).

Kedua jenis tumbuhan akuatik tersebut tidak hanya fitoremediasi kualitas air di sungai, namun juga digunakan dalam pengolahan limbah cair pada rumah tangga, pengolahan limbah IPAM PDAM, air limbah industri kulit, rumah potong hewan, industri tahu, bahkan pengolahan limbah cair rumah sakit dan juga dalam proses pengolahan air lindi sampah TPA. Sehingga jenis *Echinodorus* dan *Sagittaria* dari suku Alismataceae dapat digunakan sebagai agen

fitoremediasi (fitoremediator) dan merupakan tumbuhan akuatik yang hidup pada habitat kosmopolitan.

SIMPULAN

Penelitian fase fenologi tumbuhan akuatik akan memperoleh informasi perubahan morfologi yang terjadi pada bagian tumbuhan *Echinodorus radicans* dan *Sagittaria lancifolia*. Tumbuhan *Sagittaria lancifolia* pada kolam 3 memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan tumbuhan *Sagittaria lancifolia* pada kolam 2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi – LIPI atas saran, bimbingan dan pemberian izin mengunaan data koleksi, serta para mahasiswa PKL (Violita dan Elisa) atas bantuannya dalam melakukan penelitian terkait fenologi pada kedua tumbuhan akuatik yang memiliki potensi di bidang fitoremediasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Beardshow, C. 2003. *The Natural Gardener, Lessons from The Landscape*. BBC. London.
- Don, WS., T. Emir, dan C. Hudibroto. 2000. *Tanaman Air*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fewless, G. 2006. Phenology. <http://www.uwgb.edu/biodiversity/phenology/index.htm>. (Diakses 17 Agustus 2018)
- Heywood, V. H., R. K. Brummitt, A. Culhama dan O. Seberg. 2007. *Flowering Plant Families of The World*. Firefly Books. Canada.
- Hidayat, N., Padaga, Masdiana., dan S. Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Hidayat, S. Yuzammi, Hartini, S. dan Astuti, I.P. 2004. *Tanaman Air Kebun Raya Bogor Vol.1 No.5*. Bogor.
- Irawanto, R. 2009. Inventarisasi Koleksi Tanaman Air Berpotensi WWG di Kebun Raya Purwodadi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Lingkungan IV – ITS Surabaya*: 228-238.
- Irawanto, R. 2010. Fitoremediasi Lingkungan Dalam Taman BALI. *Jurnal Local Wisdom*. Vol. 2, No. 4, Hal. 29-35.
- Irawanto, R. 2013. Pemetaan Hidrofit dan Potensi Fitoremediator Koleksi Kebun Raya Purwodadi. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah – ITS*. Surabaya: G11-G20.
- Irawanto, R. 2014. Kemampuan Tumbuhan Akuatik (*Acanthus ilicifolius* dan *Coix lacryma-jobi*) Terhadap Logam Berat (Pb dan Cd). *Prosiding Seminar Pascasarjana XIV – ITS Surabaya*.
- Irawanto, R. 2015. **Potensi Tumbuhan Suku Alismataceae dalam Fitoremediasi. Seminar Nasional Teknologi Lingkungan XII – ITS.**
- Irawanto, R. 2016. **Revitalisasi Koleksi Tumbuhan Akuatik Kebun Raya Purwodadi sebagai Taman Kolam Fitoremediasi.** *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI – ITN Malang*.

- Juhaeti, 2005. Biodiversitas: Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. Bogor: LIPI Cibinong.
- Kusumawardani Y, Irawanto R. 2013. Study of Plants Selection in Wastewater Garden for Domestic Wastewater Treatment. Proceeding of the International Conference of Basic Science-Universitas Brawijaya. Malang
- Lawrence, G. H. M. 1964. Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillon Company. New York.
- Munazah, A. R., dan P. Soewondo. 2008. Penyisihan Organik Melalui Dua Tahap Pengolahan Dengan Modifikasi ABR dan Constructed Wetland Pada Industri Rumah Tangga. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 4. No. 4. Hal. 93-100.
- Mursito, A. T. et. Al. 2011. *Alkaline hydrothermal de-ashing and desulfurization of low quality coal and its application to hydrogen-rich gas generation. Energy Conversion and Management* 52. 762-769
- Nafi'ah. 2015. Kebijakan dan Manajemen Publik: Implementasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Komunal: Model Tata Kelola Lingkungan Deliberatif Dalam Good Environmental Governance Di Kota Blitar. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Najiyati dan Danarti. 2004. Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen, edisi revisi. Penebar Swadaya. Jakarta
- Permatasari, D. dan S. Mangkoedihardjo. 2012. Hospital Wastewater Treatment in Evapotranspiration System. International Journal of Academic Research. Vol. 4. No 1. Hal 141-144.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 93 Tahun 2011 (Perpres 93/2011) tentang Kebun Raya.
- Rukmini.2012. Teknologi Budidaya Biota Air. Karya Putra Darwati, Bandung.
- Satriyana, D. D., R. Hayati dan I. Apriani. 2014. Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) Yang Ditumbuhkan Pada Limbah IPAM PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan UNTAN. Pontianak.
- Singh, A. K., N. K. S. More dan P. Nath. 2014. Heavy Metals (Cd, Cu and As) Accumulation by Aquatic Plant along Gomti River, Lucknow (U.P.). G-Journal of Environmental Science and Technology Vol. 1. No. 6. Hal 129-133.
- Sutyasmi, S. dan H. B. Susanto. 2013. Penggunaan Tanaman Air (Bambu Air dan Melati Air) Pada Pengolahan Air Limbah Penyamakan Kulit Untuk Menurunkan Beban Pencemar Dengan Sistem Wetland dan Adsorpsi. Majalah Kulit, Karet, dan Plastik. Vol. 29. No. 2. Hal 69-76.
- Tabla, V.P. dan C.F. Vargas. 2004. Phenology and phenotypic natural selection on the flowering time of a deceit-pollinated tropical orchid, *Myrmecophila christinae*. *Annals of Botany*, 94(2):243-250. <http://aob.oxfordjournals.org/cgi/content/full/94/2/243>. (Diakses 17 Agustus 2018)
- Tanaka, N., W.J. Ng dan K.B.S.N. Jinadasa. 2011. Wetlands For Tropical Applications: Wastewater Treatment by Constructed Wetlands. Imperial College Press. London

- Vardanyan, L.G., dan Ingole, B.S., 2006. Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. *Environ. Int.* 32, 208-218.
- Wibowo, P. D., R. Purnaini dan Y. Fitrianiingsih. 2014. Penyisihan Logam Pada Lindi Dengan Sistem Sub-Surface Constructed Wetland. *Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan UNTAN*. Pontianak.