

P-ISBN : 978-602-5791-64-2

E-ISBN : 978-602-5791-65-9

Media Fitri Isma Nugraha

Muhammad Yamin

Rossa Yunita

Endang Gati Lestari

TANAMAN HIAS AIR TAWAR

**MANFAAT UNTUK PERAIRAN,
PERBANYAKAN KONVENSIONAL DAN IN-VITRO**

AMaFRaD  PRESS

Tanaman Hias Air Tawar
Manfaat Untuk Perairan, Perbanyak Konvensional dan In-Vitro

**Media Fitri Isma Nugraha
Muhammad Yamin
Rossa Yunita
Endang Gati Lestari**

AMaFRaD  PRESS

TANAMAN HIAS AIR TAWAR

MANFAAT UNTUK PERAIRAN, PERBANYAKAN KONVENSIONAL DAN IN-VITRO

Penulis:

Media Fitri Isma Nugraha
Muhammad Yamin
Rossa Yunita
Endang Gati Lestari

Editor :

Prof. Dr. Rudy Gustiano, M.Sc
Anang Hari Kristanto, PhD
Yadi Suryadi. MSc

Perancang Sampul:

Fauzia Fitriana

Jumlah halaman :

Xi + 114 halaman

Tata Letak :

Endah Susiyanti
Danio Israhadi Fortrana

Edisi:

Cetakan pertama, 2018

Diterbitkan oleh:

AMAFRAD Press
Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III, Lantai 6,
Jl. Medan Merdeka Timur No.16, Jakarta Pusat 10110.
Telp. (021) 3513300, Fax (021) 3513287
Email: amafradpress@gmail.com
NO Anggota IKAPI: 501/DKI/2014

@2018 Hak cipta dilindungi undang-undang

Diperbolehkan mengutip sebagian atau seluruh isi buku dengan mencantumkan sumber referensi

TANAMAN HIAS AIR TAWAR

**MANFAAT UNTUK PERAIRAN,
PERBANYAKAN KONVENSIONAL DAN IN-VITRO**

Dilarang memproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang No.28 Tahun 2014
All Rights Reserved

KATA SAMBUTAN

Kami menyadari sepenuhnya bahwa Indonesia memiliki potensi biota air tawar yang tinggi seperti ikan hias mempunyai potensi dan nilai ekonomis yang tinggi. Tidak hanya ikan di perairan tawar akan tanaman hias air di perairan tawar pun memiliki potensi yang strategis yang harus segera di gali dan dikembangkan. Tanaman hias air tawar, merupakan salah satu komoditas yang belum terlirik dan belum tersentuh secara layak. Potensi tanaman hias air dewasa ini baru disadari, setelah banyak nya kontes kontes kecantikan aquascape di ajang bergengsi dunia ikan hias, seperti NUSATIC, FINA world aquatic champion, Aquatic Gardeners Asociations, The International Aquatic Plant Layout Contes, Aqua Design Amano, Aquascape Contest, membuktikan bahwa tanaman hias air di terima oleh masyarakat dunia.

Melihat begitu banyaknya kontes tanaman hias air di dunia, saya berkeyakinan bahwa pasar ekonomi untuk tanaman hias air sangat tinggi dan mampu bersaing dengan ikan hias lainnya. Dengan adanya buku perdana tanaman hias air ini yang berisi kegunaan serta Teknik budidaya dari tradisional hingga modern, diharapkan semua potensi tanaman hias air akan tergali dan dapat di teliti sepenuhnya, sehingga dapat meningkatkan eknomi masyarakat dan bangsa.

Saya berkeyakinan bahwa Indonesia negara tropis yang eksotik memiliki banyak tanaman hias air yang yang tidak dimiliki bangsa lain. Semoga dengan buku perdana ini menjadi gerbang pembuka riset dan pengembangan tanaman hias air di Indonesia. Harapan saya tanaman air Indonesia menjadi tuan rumah dan diminati di manca negara.

Kepala Pusat Riset perikanan Budidaya
Badan Riset dan Sumberdaya Manusia
Kementerian Kelautan dan Perikanan

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah memberi Ilmu Pengetahuan kepada Manusia melalui perantara Qalam Nya. Tiada kehidupan dan kematian kecuali dalam genggamannya, segala gerak dan diam di dalam pengawasannya. Shalawat dan Salam Kami sampaikan kepada Junjungan kami Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi kaum setelah Baginda Rasul.

Terima kasih penulis haturkan kepada Orang Tua, Keluarga, Suami / Istri yang telah mendukung pekerjaan ini hingga menjadi sebuah buku. Ucapan Terima kasih tidak terhingga kami sampaikan kepada INSINAS KEMENRISTEK DIKTI tahun 2017 - 2018 atas pendanaan riset yang di berikan pada kami, hingga kami dapat membuat buku pertama tentang tanaman hias

Buku Tanaman Hias Air ini merupakan bentuk dedikasi kami kepada Ilmu Pengetahuan. Sebuah pepatah yang penuh makna mengatakan Alam Takambang Jadi Guru. Kami banyak belajar dari Alam, potensi alam yang banyak bermanfaat bagi manusia. Kami mencoba menuliskan serangkaian hal manfaat yang dapat di petik dan diambil oleh manusia dan sains terhadap Tanaman Hias Air Tawar ini. Tulisan dalam buku ini berisi alur scientific yang harmonis dan sejajar terkait riset tanaman air mulai dari manfaat untuk perairan, teknik perbanyakan secara konvensional dan perbanyakan melalui bioteknologi modern. Semua ini merupakan bagian dari pembelajaran kami, sebab ia mengikat makna yang bertebaran, oleh karena itu harapan kami tulisan ini dapat menjadi bahan belajar dan pembelajaran.

Buku ini tentu tak luput dari kekurangan, namun kami percaya tidak ada yang sia sia di dunia ini. Kami berharap jika ada kekurangan, semoga di masa depan ada ilmu pengetahuan yang lebih maju mengisi kekurangan tersebut dan jika terdapat kebaikan semoga dapat menjadi penyelamat kami kelak.

Kami berharap buku tanaman hias air ini dapat menjadi seberkas cahaya untuk ilmu pengetahuan, karena setiap hari, setiap ruang adalah pembelajaran untuk kita semua. Akhir kata kami berharap buku ini dapat memberikan manfaat pada ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang tanaman hias air.

Jakarta, Januari 2019

Tim Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Buku ini ada berkat dukungan pendanaan dan kepercayaan dari Insinas KEMENRISTEK DIKTI tahun anggaran 2017-2018, atas dukungan yang di berikan, kami haturkan banyak terima kasih.

Terima kasih kami sampaikan juga kepada Prof. Dr. Ketut Sugama, M.Sc, A.Pu, Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajana, Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Dr. Singgih Wibowo, M.S, Dr. Ing Widodo S. Pranowo, M.Si., dan Dr. Ir. I Nyoman Suyasa, M.S, yang telah mengkoreksi dan memberikan masukan kepada penulis sehingga buku ini menjadi lebih sempurna dan penyajian materi buku yg lebih baik.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kepala Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan Ir. Sjarief Widjaja, Ph.D, FRINA, Sekretaris Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan Dr. Maman Hermawan, M.Sc, Kepala Pusat Riset Perikanan, Dr. Ir. Toni Ruchimat, M.Sc, Kepala Balai Riset Budidaya Ikan Hias Dr. Idil Ardi, S.Pi, M.Si, Kepala Balai Besar Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian Bogor, Ir. Mastur, M.Sc, Ph.D dan Semua pihak yang telah membantu kelancaran dan penerbitan buku ini

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vii
Bab I.	
PROLOG	1
Bab II.	
TANAMAN HIAS AIR TAWAR TAK KENAL MAKA TAK SAYANG: MANFAAT DALAM EKOSISTIM PERAIRAN	
Media Fitri Isma Nugraha	3
Bab III.	
BUDIDAYA TANAMAN HIAS AIR SECARA TRADISIONAL DI LOKASI BEKAS KOLAM DAN SAWAH	
Muhammad Yamin	61
Bab IV.	
PERBANYAKAN TANAMAN HIAS AIR SECARA IN – VITRO MELALUI JALUR ORGANOGENESIS	
Rossa Yunita	83
Bab V.	
APLIKASI INDUKSI MUTASI DAN KULTUR IN-VITRO UNTUK PERAKITAN VARIETAS BARU TANAMAN HIAS AIR	
Endang Gati Lestari	99
Bab VI.	
EPILOG	117
PROFIL PENULIS	118

BAB 1. PROLOG

Buku yang bertemakan tentang tanaman hias air tawar manfaat untuk perairan dan teknik perbanyakan, memberikan sebuah wacana baru dalam perikanan darat secara umum dan pada bidang ikan hias secara khusus. Tanaman hias air tawar saat ini banyak diminati kaum milenial karena dapat didisain seperti gambaran alam yang mereka sukai. Buku ini memberikan manfaat yang besar terhadap pengetahuan akan biota akuatik, khususnya flora akuatik.

Indonesia diakui dunia sebagai pusat biodiversitas flora dan fauna. Luasnya wilayah kepulauan Indonesia memiliki zona kehidupan biodiversitas yang spesifik, hal ini telah digambarkan oleh Alfred Russel Wallace pada abad ke-19. Mencari manfaat terhadap suatu biota sudah sangat umum dilakukan dari jaman dahulu kala. Pencarian dan pengujian biota dilakukan nenek moyang untuk memenuhi kebutuhan akan pangan mereka. Tingginya perubahan pola hidup manusia, dewasa ini Biota air seperti ikan dan tanaman air menjadi sebuah kebutuhan yang berbeda, sebagai hiasan dan sebagai bahan untuk menetralkan cemaran perairan. Sebagai hiasan tanaman air dan ikan hias di sandingkan menjadi sebuah disain seni aquascape yang cantik dan menarik. Mengetahui manfaat tanaman air untuk perairan memberikan kesadaran bahwa sumberdaya genetik dan keanekaragaman hayati sangat penting menunjang kehidupan manusia. Harapan nya penyelamatan dan penggunaan spesies dalam kehidupan manusia diaplikasinya dapat dimanfaatkan secara baik.

Buku ini membahas manfaat tanaman air untuk perairan, serta teknik perbanyakan secara konvensional dan modern dengan memanfaatkan bioteknologi “ sifat totipotensi sel ”. Buku ini digagas oleh empat peneliti dari 2 institusi yaitu Balai Riset Budidaya Ikan Hias Kementerian Kelautan dan Perikanan dan Balai Besar Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian Kementerian Pertanian. Empat peneliti dan dua Institusi ini menggagas penelitian tanaman air terkait manfaat dan teknik perbanyakan secara Bioteknologi melalui perbanyakan in-vitro. Masing – masing penulis membahas tentang kajian tanaman hias air dari sudut pandang kepakaran dan riset yang ditekuni.

Media Fitri Isma Nugraha, merupakan peneliti dari Balai Riset Budidaya Ikan Hias – Kementerian Kelautan dan Perikanan, yang menekuni bidang Biologi, Genetika, Bioteknologi dan evolusi. Media Fitri Isma Nugraha merupakan penggagas riset tanaman air, baik untuk estetika maupun untuk pemanfaatan lainnya seperti pengurai bahan organik, senyawa allelochemical dari tanaman air yang dapat dimanfaatkan untuk obat dan kesehatan ikan. Tanaman Hias Air tawar menjadi minat riset terkini dikarenakan biodiversitas dan manfaat tanaman air sangat banyak dan besar. Jabaran tentang manfaat dan jenis tanaman air dituangkan secara jelas dan tajam dalam bahasan pertama isi buku ini.

Muhammad Yamin merupakan peneliti dengan kajian lingkungan pada Balai Riset Budidaya Ikan hias, membahas tentang lingkungan dan pola budidaya tanaman hias air tawar di masyarakat dikawasan bogor dan Jakarta. Teknik dan pola tanaman serta pemasaran dari pembudidaya tanaman hias air tawar, secara gambalang dan lugas di bahas dalam chapter ke dua buku ini.

Rossa Yunita merupakan peneliti bidang Sel dan Jaringan Balai Besar bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian – Kementerian Pertanian. Kiprah peneliti ini sudah tidak diragukan lagi dalam hal perbanyakan secara in-vitro. Banyak tanaman pangan telah dikembangkan termasuk tanaman yang sulit berkembang biak. Bersama dalam sinergi dan kerjasama antar dua instansi peneliti ini mengembangkan dan memperbanyak tanaman hias air secara in-vitro. Science Bioteknologi yang diterapkan untuk perbanyakan tanaman hias air ini memberikan nilai tambah, nilai ekologis, dan nilai estetika pada tanaman hias air.

Bahasan tentang perbanyakan in-vitro tanaman hias air di ulas secara tegas pada chapter ke tiga buku ini.

Endang Gati Lestari merupakan Peneliti senior dan Profesor Riset bidang sel dan Jaringan. Memiliki banyak pengalaman dalam sel dan jaringan. Merubah sifat tanaman menjadi lebih baik melalui manipulasi Bioteknologi, radiasi dan mutasi yang merupakan keahlian peneliti senior Balai Besar bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian ini. Telah banyak tanaman pangan yang dirubah secara genetic untuk mendapatkan sifat unggul yang diinginkan manusia, untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia telah diproduksi oleh Profesor Riset ini. Dalam sinergi dan kerjasama duo instansi ini Prof Endang Gati Lestari melakukan kajian perbaikan sifat genetik tanaman hias air melalui mutasi. Teknik dan cara kerja serta luaran hasil dari riset ini tertuang secara tajam pada chapter ke empat buku ini.

BAB II.
TANAMAN HIAS AIR TAWAR TAK KENAL MAKA TAK SAYANG:
MANFAAT DALAM EKOSISTIM PERAIRAN

MEDIA FITRI ISMA NUGRAHA

Editor: Prof. Dr. Ir. Ngurah Nyoman Wiadnyana, DEA
Anang Hari Kristanto, P. hD

A. APA ITU TANAMAN AIR?

Tanaman air atau biasa disebut *aquatic plant* atau *flora akuatik* sangat banyak ditemukan di sekeliling perairan. Meskipun demikian banyak orang yang belum mengetahui tentang jenis, manfaat serta kegunaan tanaman ini untuk keindahan estetika maupun untuk keseimbangan ekosistem perairan. Menurut *Princetown University New Jersey* tanaman air adalah tanaman yang tumbuh sebagian atau seluruhnya berada di dalam air yang akarnya tumbuh di dalam lumpur atau mengambang di atas air. Nurdiana (2013) menyebutkan bahwa tanaman air adalah tumbuhan yang hidup di sekitar air dan di dalam air. Menurut Bowes G (1987), tanaman air merupakan tanaman yang terendam dalam air tawar yang stagnan maupun mengalir. Fungsi utama tanaman air adalah sebagai produsen penghasil energi dalam ekosistem perairan. Secara ekologis, manfaat tanaman air ini belum banyak disadari (Irawanto, 2016). Salah satu manfaat tanaman air adalah untuk estetika *aquatic scape* yang di kenal dengan *aquascape* (Kuncoro, 2008). Tanaman air - tanaman yang harus tumbuh dalam air apakah berakar pada lumpur atau mengambang di atas air tanpa akar pertahanan, dengan seluruh siklus hidup didalam air atau di dekat air (*Aquatic environment professional*).

Tanaman dikelompokkan menjadi 4 kelompok besar berdasarkan cara hidupnya: (1) alga, adalah tumbuhan air yang tidak mempunyai organ lengkap atau disebut tumbuhan bertalus (2) tanaman yang mengambang di atas air, adalah tanaman yang muncul di permukaan air hanya daunnya saja, sedangkan organ lainnya berada di dalam air. (3) tanaman yang separuh badan di atas air dan separuh badan di dalam air, adalah tanaman air bagian daun hingga setengah batang badan berada di permukaan air dan setengah batang kebawah hingga akar berada di dalam air. (4) tanaman yang terendam air, adalah tanaman yang seluruh tubuhnya berada di dalam air atau di dasar air (*Aquatic environments professional development continuing education course*).

B. MANFAAT TANAMAN AIR

- Penghilang amoniak untuk proteksi ikan.

Secara natural dalam ekosistem perairan tanaman air dan ikan serta biota perairan lainnya memiliki simbiosis mutualisme. Ikan menyumbang hara berupa sisa pakan dan kotoran. Dibantu oleh bakteri pengurai, hasil buangan ikan terdekomposisi menjadi nitrat dan amoniak lainnya, yang dapat menjadi racun bagi ikan dan penyebab kematian massal pada ikan. Keberadaan tanaman air dapat memberikan kontribusi dalam penyerapan nitrat dan amoniak. Tanaman air lebih menyukai amoniak (NH_4^+) sebagai sumber nitrogennya. Tanaman air cenderung menggunakan 50% amonium di awal metabolisme dan setelah suplai amoniak habis sumber nitrogen berikutnya adalah nitrit (NO_2^-) atau nitrat (NO_3^-), seperti *Elodea nuttallii* (Gambar 1) yang tumbuh baik dalam lingkungan kaya amoniak dan nitrat. Penyerapan amoniak oleh tanaman memberikan efek positif karena amoniak menghambat asimilasi nitrat yang diperlukan organisme lain (Huang *et al.*, 1996; Santamaria *et al.*, 1994).



Gambar 1.1. *Elodea nuttallii* (sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:ElodeaNuttallii2.jpg>)

- Pelindung ikan dengan mengeluarkan logam dari air.

Logam berat berefek pada penghambatan reproduksi dan menekan nafsu makan pada ikan, sehingga menyebabkan sakit dan kematian pada ikan. Tanaman air mempunyai kemampuan dan sifat menyerap dengan cepat logam berat dan mendekomposisi menjadi humat yang bersifat mengikat dan mendetoksifikasi logam. Humat adalah zat organik yang memiliki struktur molekul kompleks dengan berat molekul tinggi (makromolekul atau polimer organik) yang mengandung gugus aktif. Di alam, asam humat terbentuk melalui proses fisika, kimia, dan biologi dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan maupun hewan melalui proses humifikasi Toksistas logam berat bisa berkurang jika terikat pada bahan organik, partikel tanah atau ion lainnya (www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/1525/).

Enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) seperti terlihat pada Gambar 2 dapat menyerap 94% logam berat dalam perairan tanpa asam humat. Toksisitas perairan dengan kandungan Ca tinggi dapat dikurangi oleh zat humat, karena bersifat mengikat Ca (Nor & Cheng, 1986). Sistem akuatik menerima sebagian besar pasokan nutrisi dari aliran air masuk. Pada ekosistem yang stagnan seperti danau akumulasi nutrisi (cemaran) menjadi masalah utama. Hanya sebagian kecil dari nutrisi yang tersedia dimasukkan ke dalam interaksi biologis komunitas aliran (Winterbourn & Townsend, 1991). Di sungai dan danau, sebagian besar nutrisi mengalir, sebagai partikel atau terlarut dalam air, untuk dibuang ke danau atau laut, tidak demikian halnya pada perairan yang stagnan, seperti danau. Pada ekosistem stagnan dibutuhkan penyerap nutrisi tersebut, sehingga perpindahan nutrisi anorganik bergantian dengan periode ketika nutrisi terkunci dalam biomassa (misalnya dalam tanaman air). Tanaman air dapat memperoleh nitrogen (N) dan fosfor (P) dari sedimen dan kemudian melepaskan unsur-unsur ini ke dalam air. Pelepasan unsur fosfor dan nitrogen ini dapat meringankan beban ekosistem akibat cemaran. Oksigen yang ditranslokasi oleh akar tanaman memiliki efek mengoksidasi sedimen lingkungan dan mengurangi ketersediaan Phosphor (Moore *et al.*, 1994; Wigand *et al.*, 1997).



Gambar 1.2. *Eichhornia crassipes* (Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Eichhornia_crassipes)

- Sebagai chelator (penyaring) cemaran di perairan

Cemaran perairan banyak disebabkan oleh kontaminasi logam berat akibat aktivitas manusia (cemaran antropogenik) (Wu *et al.*, 2004, 2005; Lim *et al.*, 2005; Meers *et al.*, 2005), sehingga diperlukan penyaring/chelator untuk membersihkan cemaran tersebut. *Chelator* atau penyaring adalah molekul kecil yang mengikat sangat erat ion logam. Beberapa chelators adalah molekul sederhana yang mudah diproduksi (mis., Ethylene diamine tetra

acetic acid; EDTA). Tanaman air merupakan chelator yang paling baik untuk perairan. Penggunaan tanaman air telah terbukti sebagai fitoremediasi atau agen khelat (Blaylock *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 1997). Dong *et al.* (2007) dan Muhammad *et al.* (2009) melaporkan jenis tanaman air *Typha angustifolia* (Gambar 3) tahan terhadap stress Cr dan citric acid serta meningkatkan *phytoextraction*. *Phytoextraction* adalah subproses fitoremediasi pada tanaman, yang dapat menghilangkan unsur atau senyawa logam berat berbahaya dari air dan tanah. Di dalam suatu perairan logam mulai dari kepadatan relatif rendah hingga kepadatan tinggi merupakan racun bagi organisme. Tanaman air yang toleran toksisitas logam berat ini menunjukkan pertumbuhan yang cepat dengan biomassa yang cukup tinggi (Garbisu *et al.*, 2002; Liphadzi *et al.*, 2003). Dari hasil penelitian Muhammad *et al.* (2009) pada *T. angustifolia* tidak ditemukan gejala toksisitas logam seperti nekrosis dan klorosis, hal ini membuktikan terdapat toleransi yang tinggi dan penyerapan cemaran yang tinggi, dan cemaran tersebut dimanfaatkan untuk metabolisme.



Gambar 1.3. *Typha angustifolia*
(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Typha_angustifolia)

4. Kontrol alga.

Kandungan *allelopathy* pada tanaman air tidak diragukan lagi sebagai formula pengontrol alga, dan sangat beracun untuk alga, karena memiliki kandungan fenolik (Kim & Wetzel, 1993). Berbagai spesies tanaman air menghasilkan alelokimia berbeda. Allelopathy didefinisikan oleh Molisch (1937) adalah semua interaksi biokimia antara tanaman dengan mikroorganisme lain melalui stimulasi penghambatan. Berdasarkan penelitian Jones *et al.* (2000), allelopathy tanaman dapat menekan pertumbuhan periphyton di perairan sungai, danau dan waduk. Hal yang sama juga diamati oleh Ahli botani akuatik bahwa danau dengan

pertumbuhan tanaman yang subur seringkali memiliki pertumbuhan alga yang kurang (Gross *et al.*, 1996). Pertumbuhan tanaman yang baik akan menghambat alga, dan juga menghilangkan kandungan besi baik ekosistem perairan alami maupun di dalam akuarium. Bagaimana tanaman melakukan penghambatan pertumbuhan ini belum diketahui dengan pasti. Penelitian Mc Clure pada 1970 allelokimia telah ditemukan pada media kultur tanaman air duckweed pada media kultur steril, terdeteksi *asamcinnamic* beberapa hari kemudian terbentuk flavonoid. Vam Aller *et al.* (1985) mengujikan *Microcarpa eleocharis*, telah menemukan beberapa senyawa allelochemicals di dalam kolam yang ditumbuhi tanaman tersebut.

Beberapa tanaman yang telah diteliti menghambat pertumbuhan alga adalah *Myriophyllum brasiliense* telah mensekresikan zat penghambat terhadap alga hijau biru, dikarenakan kandungan senyawa fenol Tellimagrandin II, yang menghambat pertumbuhan ganggang biru pada konsentrasi 10 mg/l dan ganggang hijau dihambat oleh 20 mg/l. Dalam penelitian pada *Myriophyllum brasiliense*, Saito *et al.* (1989) merilis sejumlah kecil polifenol alelopati ke media kultur. Pelepasan asam folat dari dalam waktu 10 hari adalah 2-4 mg/g bahan tanaman kering (Gross *et al.*, 1996). Tujuh asam fenolik berbeda diisolasi dari *Acorus gramineus*, termasuk beberapa yang menghambat spesies alga dan cyanobacteria dengan toksisitas yang sebanding dengan tembaga sulfat (Della *et al.*, 1989). Para peneliti juga menemukan berbagai macam allelochemicals - sterol, polyprenols, fatty acid dan λ -asarone - *Pistia stratiotes* (Aliotta *et al.*, 1991). Senyawa yang paling menghambat adalah asam fenolik a-asarone, yang menghambat 14 dari 19 spesies alga yang diuji (Della Greca *et al.*, 1992).



a. *Microcarpa eleocharis* b. *Myriophyllum brasiliense* c. *Acorus gramineus*

Gambar 1.4. Jenis tanaman air sebagai kontrol alga
(Sumber gambar: [https:// Wikipedia.org](https://Wikipedia.org))

5. Penyeimbang ekosistem perairan

Tanaman air mempunyai senyawa allelopati., yang merupakan suatu senyawa biomolekul atau allelokimia dan senyawa yang di produksi oleh tanaman. Senyawa allelopati dapat mempengaruhi lingkungan dan organisme di sekitarnya serta tetap ada dalam tubuh

tanaman meski sudah mati, dan bersifat aktif. Senyawa Allelochemical pada tanaman air bagai dua sisi mata uang.

“jika salah menyandingkan tanaman di dalam sebuah ekosistem akuarium, maka bukan tidak mungkin tanaman lain akan mati oleh senyawa allelochemical dari tanaman lainnya (Gross 1999). Oleh karena itu para hobiis aquascape harus mengetahui karakter setiap tanaman air yang dimasukkan ke dalam habitat mini akuariumnya”.





Contoh *Nymphaea odorata*, *Brasenia schreberi* dan *Cabomba caroliniana* yang mengandung kadar fenolik tertinggi (Kerfoot, 1989) dapat menghambat duckweed (*Lemnoideae*) paling banyak. Asam fenol pada enceng gondok, senyawa ini berperan sebagai pertahanan terhadap serangan jamur pada penyakit bercak daun (Martin *et al.*, 1983).



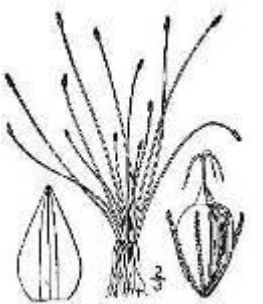

Selama hidup atau pun saat telah mati sel dari tanaman air tetap melepaskan sejumlah besar allelochemicals. Pelepasan karbon organik terlarut (DOC) tahunan oleh tanaman air yang mengandung submersed diyakini sekitar 4% dari total karbon yang tetap saat hidup dan 40% saat mati (Hough & Wetzel, 1975). Bakteri mengubah sebagian besar DOC ini menjadi sub tipe humat. Selanjutnya, tanaman air secara terus menerus membalikkan daunnya, menggantikan daun yang lebih tua dan membusuk dengan daun baru. Misalnya, *Nymphaea odorata* yang tumbuh di bagian selatan Amerika Serikat dilaporkan memiliki 7 siklus pergantian daun per tahun. Seiring dengan perputaran biomassa dan melepaskan allelokimia ke dalam air (Hough & Wetzel, 1975).






Penghambatan cemaran dapat dilakukan lebih banyak jika dikombinasikan dengan allelokimia tanaman lain daripada saat diuji sendiri (ada efek sinergisnya). Sebagai contoh, dua fenolat yang tidak terlalu ampuh (asam galat dan asam caffeic) menghambat ganggang biru-hijau 6 kali lebih kuat bila dicampur bersama daripada saat diuji sendiri (Aliotta *et al.*, 1992).





Beberapa tanaman air yang telah diketahui memiliki senyawa *Allelochemical*. Para ilmuwan terus mencari bukti yang lebih pasti tentang fitotoksin spesifik dan sangat potensial yang dapat dimanfaatkan pada setiap lini aktivitas akuatik.






Tabel 1.1 Beberapa jenis tanaman air yang telah diketahui mengandung senyawa *allelochemical*.






No	Spesies	Kandungan senyawa Allelochemical	Referensi
1.	 <p><i>Acorus gramineus</i></p>	Caff, F, pC, S (11), α -asarone and 3 other polyphenol	(Della greca et al, 1989)
2.	 <p><i>Aponogeton krauseanus</i></p>	Km, pOHB, qu	(McClure, 1970)
3.	 <p><i>Bacopa monniera</i></p>	Nicotine	(McClure, 1970)
4.	 <p><i>Ceratophyllum demersum</i></p>	Caff, cg, Cy, F, S, sulfur	(McClure, 1970) dan (Wium-Andersen & Houen, 1983).



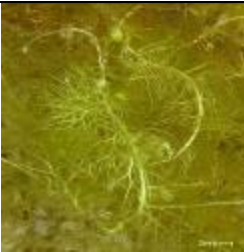


5.	 <p><i>Eichhornia crassipes</i></p>	Cg, pC, protocatechuic acid, V	(Martyn & Cody, 1983)
6.	 <p><i>Eleocharis coloradoensis</i></p>	Dihydroactinidiolide, F, Lu, pC	(Stevan & Merrill, 1981)
7.	 <p><i>Eleocharis microcarpa</i></p>	33 oxygenated fatty acids	(Van aller <i>et al</i> , 1985)
8.	 <p><i>Elodea callitrichoides</i></p>	Cg, Cy	(McClure, 1970)



9.	 <i>Eleodea canadensis</i>	Caff, cg, Cy, Qu	(McClure, 1970)
10.	 <i>Elodea crista</i>	Caff, cg	(McClure, 1970)
11.	 <i>Elodea densa</i>	Caff, cg, Cy, Qu	(McClure, 1970)
12.	 <i>Hottonia polustris</i>	Qu	(McClure, 1970)
13.	 <i>Lemna minor</i>	Cg, isoorientin, S, vitexin	(McClure, 1970)

14.	 <p><i>Myriophyllum aquaticum</i></p>	Cyanogenic compounds	(Hutchinson, 1975)
15.	 <p><i>Myriophyllum brasiliense</i></p>	G, tellimagrandin II, Qu	(Saito <i>et al</i> , 1989)
16.	 <p><i>Myriophyllum proserpinacoides</i></p>	E,Cy,cyanogenic compounds, Qu	(McClure, 1970)
17.	 <p><i>Myriophyllum spicatum</i></p>	Caff, cinn, E, F, G, pC, protocatachuic, S, Sy, tannic acid, Tellimagrandin II	(Planas <i>et al</i> , 1981); (Gross <i>et al</i> , 1996)

18.	 <p><i>Myriophyllum verticillatum</i></p>	3phenylpropanes, 2oxygenated fatty acids	(Aliotta <i>et al</i> , 1992)
19.	 <p><i>Nuphar lutea</i></p>	6,6'dihydroxythiobinupharidine	(Elakovich & Yang, 1996)
20.	 <p><i>Nymphaea capensis</i></p>	Caff, cy, E, F, Km, pC, Qu, S, tannins	(McClure, 1970)
21.	 <p><i>Pistia stratiotes</i></p>	Caff, cy, α -asarone, 2 fatty acids, linolenic acid, α sterol	(McClure, 1970); (Aliotta <i>et al</i> , 1992)
22.	 <p><i>Posidonia oceanica</i></p>	Caff, F, G, pC, pOHB, pC, protocatechuic, C, F, pOHB, pC, S	(Zapata & McMillan, 1979); (Cuny <i>et al</i> , 1995)

23.	 <i>Potamogeton species</i>	Ap, isoorientin, Lu	(Les & Sheridan, 1990)
24.	 <i>Potamogeton crispus</i>	Ap, Lu, rutin	(Les & Sheridan, 1990); (McClure, 1970)
24.	 <i>Sagittaria variabilis</i>	Caff, Cy, F, Km, Qu, S	(McClure, 1970)
25.	 <i>Spartina alterniflora</i>	F, pC	(Barlocher & Newell, 1994)
26.	 <i>Stratiotes aloides</i>	Caff, Cy, rutin	(McClure, 1970)

27.	 <p><i>Thalassia testudinum</i></p>	Caff, F, G, protocatechuic, pC, pOHB, V	(Zapata & McMillan, 1979).
28	 <p><i>Typha latifolia</i></p>	3 sterol and 3 fatty acids inhibitory to algae	(Aliotta <i>et al</i> , 1990).
29.	 <p><i>Ultricularia vulgaris</i></p>	Cy	(McClure, 1970)
30.	 <p><i>Vallisneria americana</i></p>	F,G, pC, V	(Cheng & Riemer, 1989)
31.	 <p><i>Vallisneria spiralis</i></p>	Caff, pC	(McClure, 1970)





32.	 <i>Zostera nana</i>	Caff, pC, tannis	(McClure, 1970)
33.	 <i>Zostera marina</i>	Caff, F, G, pC, pOHB, protocatechuic, V Ap, Lu	(Zapata & McMillan, 1979); (Harborne, 1975).




Ket: α -asarone; (Ap)= apigenin; (caff) = caffeic acid; (cg) = chlorogenic acid; (cinn)= t-cinnamic acid; (Cy) = cyanidin; (E) = ellagic acid; (F) = ferulic acid; (G) = gallic acid; (Km) = kaempferol; (Lu) = luteolin; (pC) = *p*-coumaric acid; (pOHB) = *p*-hydroxybenzoic acid ; (Qu) = quercetin; (S) = sinapic acid ; (Sy)= Syringic acid ; (V) = vanilic acid. (Sumber: Walstad, 1985) (Sumber Gambar: <https://Wikipedia.org>)

6. Sebagai Kontrol Logam berat

Ahluwalia & Goyal (2007) dalam penelitian mereka yang berjudul *Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater*, mengatakan bahwa Biomassa dari beberapa jenis tanaman air seperti: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus nigricans*, *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum natans*, *Chlorella fusca*, *Oscillatoria angustissima*, *Bacillus firmus* dan *Streptomyces sp*, memiliki kapasitas adsorpsi logam tertinggi berkisar antara 5 sampai 641 mg/ g, terutama untuk Pb, Zn, Cd, Cr, Cu dan Ni. Biomassa yang dihasilkan sebagai hasil sampingan dari proses fermentasi menawarkan potensi besar untuk mengadopsi ekonomi sistem pemulihan logam.

Tabel 1.2. Beberapa jenis Tanaman yang telah diketahui penghilang logam di perairan dan tanah.

No	Spesies	Nama Lokal	Jenis Zat besi yang diserap	Kapasitas serapan (mg g ⁻¹)	Referensi
1.	 <i>Azolla filiculoides</i>	lumut kerak	Pb 93	-	Sanyumbi <i>et al.</i> (1998)
2.	 <i>Salvinia sp.</i>		Cu	-	Elankumaran <i>et al.</i> (2003)
3.	 <i>Ceratophyllum demersum</i> /	ganggeng	Cu, Pb, Zn	6.17, 45, 14	Keskinkan <i>et al.</i> (2004)
4.			Cu	-	Elankumaran <i>et al.</i> (2003)

	<i>Hydrilla verticillata</i> casp.				
5.	 <i>Wolffia globosa</i>	Mata lele	Cd, Cr	-	Upatham <i>et al.</i> , (2002)
6.	 <i>Eichhornia crassipes</i>	Water hyacinth roots / Enceng gondok	Cr	-	Low <i>et al.</i> , (1997)
7.	 <i>Myriophyllum spicatum</i>		Pb, Cu, Cd	-	Keskinkan <i>et al.</i> , (2003)

Gambar 1.6. Jenis- jenis tanaman air yang diketahui menyerap logam berat.

Sumber: Ahluwalia and Goyal (2007). (sumber gambar: [https:// Wikipedia.org](https://Wikipedia.org))

Tanaman air dapat menyerap secara signifikan unsur besi (Fe) langsung dari air. Hydrilla yang ditanam pada substrat gambut terbukti menyerap zat besi. Tanaman ini menguras Fe^{2+} dan Fe^{3+} bebas di air dan dapat menghilangkan ganggang di perairan (DeMerte & Hartman, 1974).

7. Penyerap Karbon dioksida

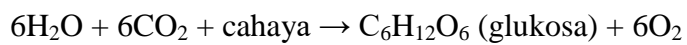
Karbon adalah senyawa yang dapat mengganggu ekosistem perairan jika berada dalam jumlah yang berlebihan. Tanaman air dapat menyerap unsur karbon yang terdapat dalam ekosistem akuatik atau ekosistem yang mewadahnya. Peningkatan serapan karbon dilakukan dengan cara:

a). *Menyimpan CO₂ sebagai malat.*

Tanaman mengambil CO₂ di udara pada siang hari dan paling banyak pada malam hari. Selama malam hari tanaman mengkomperasi CO₂ menjadi karbohydrate malate dan digunakan pada siang hari untuk fotosintesis.

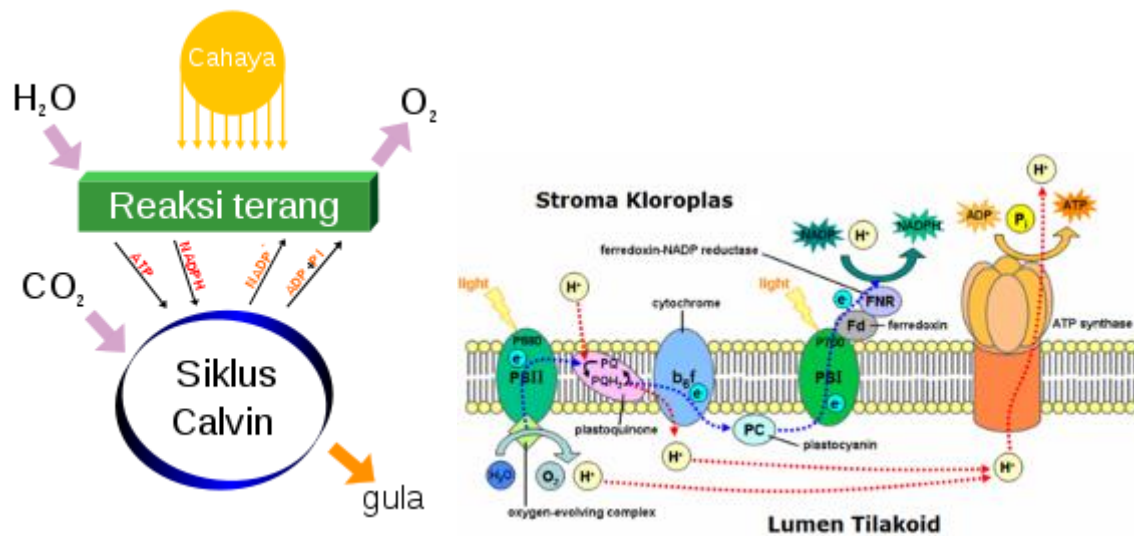
b). *Memfiksasi CO₂ yang ada.*

Saat CO₂ rendah tanaman mendaur ulang CO₂ yang ada dalam organel yang bernama kloroplas. Untuk mendapatkan makanan tumbuhan memfiksasi CO₂ dan cahaya matahari membentuk glukosa dan energi di dalam kloroplas. Berikut proses fotosintesis yang memanfaatkan karbon dioksida yang terdapat dalam air.

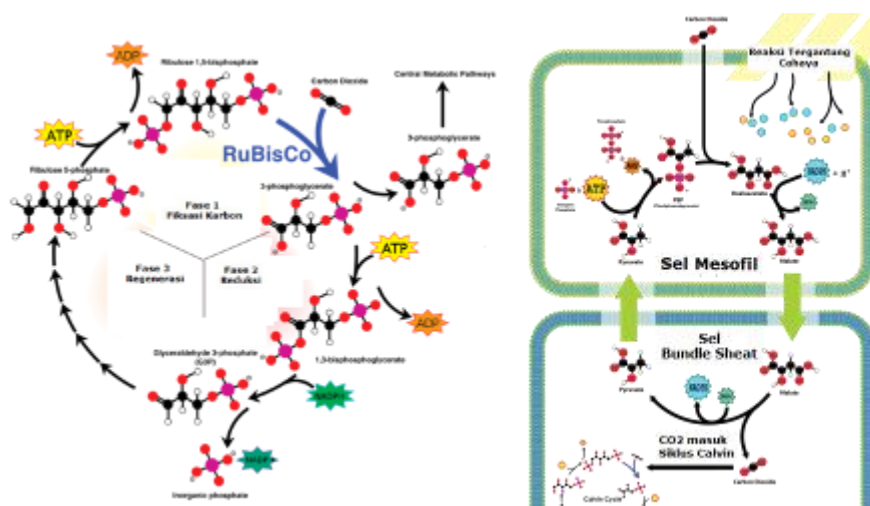


Saat kekurangan CO₂ maka reaksi yang terjadi adalah kebalikannya yaitu secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler berkebalikan dengan persamaan di atas. Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi kimia. Reaksi fotosintesis pada tanaman air terdiri atas dua bagian yaitu reaksi terang (Gambar 7) dan reaksi gelap (Gambar 8). Reaksi terang adalah reaksi fotosintesis yang terjadi pada siang hari dengan memanfaatkan cahaya matahari, yang terjadi dalam kloroplas. Reaksi terang terjadi pada grana (tunggal: granum). Reaksi gelap adalah reaksi fotosintesis yang terjadi malam hari dengan memanfaatkan CO₂, reaksi terjadi di dalam stroma. Jadi serapan CO₂ yang terdapat dalam wadah budidaya terserap maksimal pada malam hari oleh tanaman air.

Reaksi terang mengkonversi energi cahaya menjadi energi kimia dan menghasilkan oksigen, yang dapat digunakan oleh ikan. Pada reaksi gelap reaksi yang terjadi adalah mengubah CO₂ menjadi gula dan energi (ATP dan NADPH), dengan memanfaatkan energi dari reaksi terang. Reaksi gelap bertujuan untuk mengubah atom karbon menjadi gula dan energi.



Gambar 1.5. Proses reaksi terang fotosintesis.



Gambar 1.6. Proses Reaksi Gelap fotosintesis.


Pada reaksi gelap terjadi dua jalur siklus, dimana jalur ini dimanfaatkan oleh tanaman yang membutuhkan matahari panjang dengan menggunakan molekul berkarbon 3, dengan memanfaatkan enzim rubisco yang banyak terdapat di alam dan memanfaatkan siklus Calvin. Tanaman ini membutuhkan matahari panjang, umumnya pada tanaman pangan. Siklus gelap kedua adalah siklus Hatch-Slack, tumbuhan yang menggunakan siklus ini disebut tumbuhan C4. Enzim yang berperan adalah fosfofenol piruvat karboksilase. Tanaman yang umumnya menggunakan siklus ini adalah tanaman monokotil.






Jenis lain adalah tumbuhan CAM, dimana model fotosintesis menggunakan lintasan *crassulacean acid metabolism* (CAM) untuk meminimalkan laju fotorespirasi. Metabolisme tumbuhan CAM yakni pembentukan asam malat dilakukan pada malam





hari sedangkan penguraianya terjadi pada siang hari. Perilaku tumbuhan ini adalah stomata membuka pada malam hari untuk menyerap CO₂ sedangkan siang hari stomata menutup.




Tanaman air tidak memiliki sistim fotosintesis C3/C4 atau CAM, dikarenakan tanaman air menghadapi variasi kadar CO₂ yang tinggi yang berkisar antara 0-14 mg/l. Tanaman air memiliki strategi dalam serapan karbon dan menggunakannya kembali sebagai energi, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil penelitian dari (Nielsen & Sand-Jensen, 1991) pada 14 jenis tanaman air yang berbeda dengan membandingkan tingkat pertumbuhan dengan tingkat fotosintesis, konsentrasi klorofil daun, biomassa daun, luas permukaan daun, dan afinitas karbon. Satu-satunya faktor yang berkorelasi secara signifikan dengan pertumbuhan adalah afinitas karbon. Dari penelitian Nielsen & Sand-Jensen, (1991) tanaman dengan pertumbuhan tercepat dengan menggunakan karbon terbesar sebagai sumber energi untuk fotosintesis adalah (*Sparganium erectum*) dan tanaman dengan pertumbuhan paling lambat *Lobelia dortmanna* memiliki afinitas serapan karbon terendah (Tabel 3).

Tabel 1.3. Beberapa jenis tanaman air yang telah diketahui ukuran aktifitas serapan karbon.

No	Spesies	Pertumbuhan tanaman (unit bio massa/hari)	Afinitas karbon ('End pH')
1.	 <i>Sparganium erectum</i>	0,109	9,6

2.		0,097	9,5
	<i>Batrachium aquatile</i>		
3.		0,094	9,1
	<i>Potamogeton pectinitus</i>		
4.		0,094	9,0
	<i>Potamogeton densus</i>		
5.		0,088	8,8
	<i>Callitriche cophocarp</i>		
6.		0,086	9,4

	<i>Elodea canadensis</i>		
7.	 <i>Potamogeton panormitanus</i>	0,067	9,3
8.	 <i>Potamogeton crispus</i>	0,052	9,3
9.	 <i>Myriophyllum spicatum</i>	0,046	8,8
10.	 <i>Myosotis palustris</i>	0,030	8,9




11.	 <i>Berula erecta</i>	0,020	9,0
12.	 <i>Littorella uniflora</i>	0,009	8,4
13.	 <i>Lobelia dortmanna</i>	0,007	8,2





Sumber : Nielsen and Sand-Jensen, (1991) (Sumber gambar: <https://wikipedia.org>)





c). Menyerap bikarbonat yang berada dalam air,


Tanaman air karena tidak memiliki sistim fotosintesis C3, C4 dan CAM seperti tanaman teresterial, dapat memanfaatkan bikarbonat yang banyak terdapat pada air alkaline (basa). Kemampuan tanaman air menyerap bikarbonat dalam air dapat menetralkan pH air (Madsen and Sand-Jensen, 1987). Beberapa tanaman yang telah diketahui dapat menyerap bikarbonat pada air basa dan menetralkan pH air disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 1.4. Jenis tanaman air penyerap bikarbonat sebagai sumber energi untuk fotosintesis

No	Nama Tanaman yang menyerap bikarbonat	Referensi
1.	 <i>Ceratophyllum demersum</i>	Prins <i>et al.</i> (1982)
2.	 <i>Chara</i>	(Madsen and Sand-Jensen, 1987)
3.	 <i>Egeria densa</i>	(Prins <i>et al.</i> , 1982)

4.	 <p data-bbox="284 488 526 526"><i>Elodea canadensis</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
5.	 <p data-bbox="284 898 539 936"><i>Hydrilla verticillate</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
6.	 <p data-bbox="284 1420 592 1458"><i>Myriophyllum spicatum</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
7.	 <p data-bbox="284 1812 555 1850"><i>Potamogeton crispus</i></p>	(Sand-Jensen, 1983)

8.	 <p><i>Potamogeton lucens</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
9.	 <p><i>Potamogeton pectinatus</i></p>	(Sand-Jensen, 1983)
10.	 <p><i>Potamogeton perfoliatus</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
11.	 <p><i>Stratiotes aloides</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)

12.	 <p data-bbox="280 461 533 495"><i>Vallisneria spiralis</i></p>	(Prins <i>et al</i> , 1982)
-----	--	-----------------------------

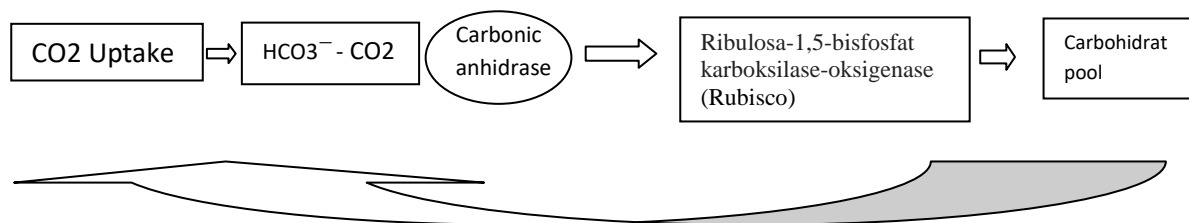
Sumber : (Madsen & Sand-Jensen, 1987). (Sumber Gambar: [https://:Wikipedia.org](https://Wikipedia.org))

Myriophyllum spicatum menggunakan bikarbonat lebih banyak daripada CO₂, akan tetapi *Potamogeton pectinatus* menyerap bikarbonat lebih rendah daripada CO₂ (Sand-Jensen, 1983). Tanaman air family Bryophytes seperti lumut hanya mampu menggunakan dan menyerap CO₂. Karakter tanaman air telah diketahui, maka sebaiknya dalam ekosistem akuarium perpaduan tanaman harus diperhatikan antara tanaman yang dapat menyerap bikarbonat dan hanya menyerap CO₂. Agar keseimbangan amoniak dan CO₂ dapat dimanfaatkan secara baik dan maksimal.

Cara kerja penyerapan bikarbonat oleh tanaman dalam air adalah tanaman mengeluarkan H⁺ (asam) pada bagian bawah daun untuk menghasilkan pH sekitar 6. Keasaman ini mengubah bikarbonat menjadi CO₂, yang berdifusi ke dalam daun yang akan digunakan untuk fotosintesis. Agar tanaman dapat mempertahankan keseimbangan muatan internalnya, H⁺ diambil oleh tanaman pada permukaan daun yang menghasilkan pH pada permukaan daun, yang tinggi sekitar 10 dan konsentrasi hidroksida tinggi (OH⁻). OH⁻ bergabung dengan kalsium bikarbonat [Ca (HCO₃)²⁻] di dalam air yang menyebabkan pengendapan kalsium karbonat (CaCO₃) di atas daun tidak di dalam air, yang disebut '*biogenic decalcification*'.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Carr & Axelsson (2008) pada *Zostera marina*, menunjukkan bahwa bikarbonat yang terserap *Zostera marina* dirubah oleh Inhibitor ATPase mitokondria dan di transportasi oleh Elektron menjadi energi untuk fotosintesis. Bikarbonat digunakan pada saat setelah reaksi gelap (proses pengumpulan senyawa untuk proses fotosintesis pada malam hari) kemudian bikarbonat yang terserap oleh tanaman air tersebut saat reaksi terang, bikarbonat diolah dan diinisiasi menjadi energi O₂ saat fotosintesis. Fotosintesis yang memanfaatkan CO₂ laju fotosintesis meningkat pesat. Saat fase jeda antara penyerapan CO₂ dan pengeluaran O₂, maka bikarbonat (HCO₃⁻) dimanfaatkan melalui zona asam yang di hasilkan enzim ATP ase yang terletak pada mitokondria. Reaksi ATP dalam

mitokondria menggunakan senyawa bikarbonat (HCO_3^-), Senyawa ini merupakan racun bagi ikan. Dengan adanya tanaman air melalui reaksi ATP, sehingga ekosistem perairan dapat stabil dengan berkurangnya bikarbonat, dan hewan air menjadi survive dalam ekosistemnya. Berikut gambaran reaksi bikarbonat yang memanfaatkan ATP-ase pada mitokondria tanaman air (Gambar 9).









Gambar 1.7. Skema penyerapan bikarbonat dalam pemanfaatan untuk fotosintesis (Gupta *et al.*, 2015).






d). Meningkatkan serapan CO_2 pada sedimen dalam wadah budidaya.






Lahan budidaya perikanan, danau dan perairan yang tergenang tanpa arus air masuk dan keluar mempunyai kandungan sedimen dan endapan yang tinggi berasal dari sisa pakan dan buangan metabolisme ikan. Air yang mempunyai sedimen mempunyai konsentrasi CO_2 (50-100) kali lebih tinggi dari pada air mengalir. Thiébaud (2008) melaporkan beberapa tanaman yang menggunakan endapan sedimen perairan sebagai sumber nutrisi (Tabel 5).






Tabel 1.5. Spesies tanaman air dan status serapannya terhadap nutrisi sedimen.






No	Gambar spesies	Status serapan nutrisi sedimen
1.	 <i>Acorus calamus</i> L.	Eutrophic






2.	 <p><i>Alisma lanceolatum</i> With</p>	Eutrophic
3.	 <p><i>Alisma plantago-aquatica</i> L.</p>	Eutrophic
4.	 <p><i>Apium inundatum</i> L.</p>	Oligotrophic
5.	 <p><i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag.</p>	Mesotrophic – eutrophic
6.	 <p><i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville</p>	Oligotrophic






7.			Eutrophic
	<i>Butomus umbellatus</i> L.		
8.			Oligotrophic – eutrophic
	<i>Callitriche hamulata</i> Kütz. ex Koch		
9.			Eutrophic
	<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall		
10.			Oligotrophic – eutrophic
	<i>Callitriche platycarpa</i> Kütz.		
11.			Oligotrophic – mesotrophic
	<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.		






12.	 <p><i>Callitriche truncata</i> Guss. ssp. occidentalis</p>	Mesotrophic
13.	 <p><i>Carex rostrata</i> Stokes</p>	Oligotrophic
14.	 <p><i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauv.</p>	Oligotrophic – mesotrophic
15.	 <p><i>Ceratophyllum demersum</i> L.</p>	Eutrophic
16.	 <p><i>Ceratophyllum submersum</i> L.</p>	Eutrophic







17.	 <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roemer & Schultes	Oligotrophic mesotrophic	–
18.	 <i>Elodea canadensis</i> Michx	Mesotrophic	
19.	 <i>Elodea nuttallii</i> (Planchon) St John	Mesotrophic eutrophic	–
20.	 <i>Glyceria fluitans</i> R. Br.	Oligotrophic eutrophic	–
21.	 <i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	Oligotrophic mesotrophic	-






22.	 <p><i>Hippuris vulgaris</i> L.</p>	Oligotrophic mesotrophic –
23.	 <p><i>Hottonia palustris</i> L.</p>	Oligotrophic mesotrophic –
24.	 <p><i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.</p>	Mesotrophic
25.	 <p><i>Hydrocotyle vulgaris</i> L. fo aq.</p>	Oligotrophic
26.	 <p><i>Iris pseudacorus</i> L.</p>	Oligotrophic eutrophic –






27.	 <p><i>Juncus bulbosus</i> L.</p>	Oligotrophic
28.	 <p><i>Juncus subnodulosus</i> Schrank aq. fo.</p>	Oligotrophic
29.	 <p><i>Lemna gibba</i> L.</p>	Eutrophic
30.	 <p><i>Lemna minor</i> L.</p>	Mesotrophic – eutrophic
31.	 <p><i>Lemna trisulca</i> L.</p>	Mesotrophic






32.	 <p><i>Littorella uniflora</i> (L.) Ascherson</p>	Oligotrophic
33.	 <p><i>Luronium natans</i> (L.) Rafin.</p>	Oligotrophic
34.	 <p><i>Lycopodium europaeus</i> L.</p>	Oligotrophic – eutrophic
35.	 <p><i>Mentha aquatica</i> L.</p>	Oligotrophic – eutrophic
36.		Oligotrophic







	<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	
37.	 <i>Montia fontana</i> L. agg.	Oligotrophic
38.	 <i>Myosotis gr. palustris</i> (M. scorpioides L.)	Mesotrophic
39.	 <i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	Mesotrophic
40.	 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Eutrophic
41.		Mesotrophic







	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	
42.	 <i>Najas marina</i> L.	Eutrophic
43.	 <i>Najas minor</i> L.	Eutrophic
44.	<p><i>Nasturtium officinale</i> R. Br.</p>  <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. agg.	Mesotrophic – eutrophic
45.	 <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	Eutrophic
46.	 <i>Potamogeton crispus</i> L.	Eutrophic
47.		Oligotrophic – mesotrophic






	<i>Nymphaea alba</i> L.	
48.	 <i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmelin) O. Kuntze	Mesotrophic
49.	 <i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poiret	Oligotrophic – mesotrophic
50.	 <i>Oenanthe crocata</i> L.	Oligotrophic – mesotrophic
51.	 <i>Oenanthe fluviatilis</i> Coleman	Mesotrophic – eutrophic
52.	 <i>Phalaris arundinacea</i> L.	Oligotrophic – eutrophic






53.	 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	Eutrophic
54.	 <i>Polygonum amphibium</i> L.	Eutrophic
55.	 <i>Polygonum hydropiper</i> L. aq. fo.	Eutrophic
56.	 <i>Potamogeton acutifolius</i> Link	Mesotrophic
57.	 <i>Potamogeton alpinus</i> Balbis	Oligotrophic – mesotrophic






58.	 <p><i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber</p>	Eutrophic
59.	 <p><i>Potamogeton coloratus</i> Hornem.</p>	Oligotrophic
60.	 <p><i>Potamogeton compressus</i> L</p>	Eutrophic
61.	 <p><i>Potamogeton friesii</i> Rupr.</p>	Mesotrophic
62.	 <p><i>Potamogeton gramineus</i> L.</p>	Mesotrophic






63.	 <i>Potamogeton lucens</i> L.	Eutrophic
64.	 <i>Potamogeton natans</i> L.	Oligotrophic mesotrophic –
65.	 <i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	Eutrophic
66.	 <i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. & Koch	Mesotrophic
67.	 <i>Potamogeton panormitanus</i> Biv.	Mesotrophic eutrophic –
68.	 <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Eutrophic




69.	 <p><i>Potamogeton perfoliatus</i> L.</p>	Mesotrophic eutrophic –
70.	 <p><i>Potamogeton polygonifolius</i> Pourret</p>	Oligotrophic
71.	 <p><i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen</p>	Oligotrophic mesotrophic –
72.	 <p><i>Ranunculus aquatilis</i> L.</p>	Oligotrophic mesotrophic –
73.	 <p><i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.</p>	Mesotrophic
74.		Oligotrophic eutrophic –

	<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	
75.	 <i>Ranunculus hederaceus</i> L.	Oligotrophic mesotrophic –
76.	 <i>Ranunculus omiophyllus</i> Ten.	Oligotrophic
77.	 <i>Ranunculus peltatus</i> Schrank.	Oligotrophic eutrophic –
78.	 <i>Ranunculus penicillatus</i> ssp. penicillatus	Oligotrophic eutrophic –
79.	 <i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	Oligotrophic mesotrophic -

80.	 <p><i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser</p>	Oligotrophic eutrophic –
81.	 <p><i>Sagittaria sagittifolia</i> L</p>	Eutrophic
82.	 <p><i>Scirpus fluitans</i> L.</p>	Oligotrophic
83.	 <p><i>Scirpus lacustris</i> L.</p>	Eutrophic
84.	 <p><i>Scirpus sylvaticus</i> L.</p>	Oligotrophic eutrophic -

85.	 <p><i>Sparganium angustifolium</i> Michaux</p>	Oligotrophic
86.	 <p><i>Sparganium emersum</i> Rehmann sh. 1.</p>	Oligotrophic – eutrophic
87.	 <p><i>Sparganium erectum</i> L.</p>	Oligotrophic – eutrophic
88.	 <p><i>Sparganium minimum</i> Wallr</p>	Oligotrophic
89.		Eutrophic

	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleiden	
90.	 <p><i>Trapa natans</i> L.</p>	Mesotrophic
91.	 <p><i>Typha angustifolia</i> L.</p>	Eutrophic
92.	 <p><i>Typha latifolia</i> L.</p>	Eutrophic
93.	 <p><i>Vallisneria spiralis</i> L.</p>	Eutrophic
94.	 <p><i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.</p>	Oligotrophic mesotrophic

95.	 <i>Veronica beccabunga</i> L.	Oligotrophic eutrophic	-
96.	 <i>Wolffia arhiza</i> (L.) Horkel & Wimmer	Eutrophic	
97.	 <i>Zannichellia palustris</i> L.	Eutrophic	

Sumber : Thiébaud (2008) (Sumber gambar: <https://wikipedia.org>).

Eutropik adalah: Pengayaan tubuh air oleh nutrisi fosfor, dimana tanaman yang bersifat Eutropic tumbuh subur seiring meningkatnya kandungan fosfor dalam tubuh air, dengan produktivitas biologis yang tinggi. Kelimpahan tanaman dalam perairan ini karena berlimpahnya nutrisi berupa nitrogen dan fosfor. Fosfor adalah nutrisi penting bagi tanaman untuk hidup, dan merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman di banyak ekosistem air tawar. Kenaikan besar fitoplankton di badan air sebagai respon terhadap peningkatan kadar nutrisi. Eutrofikasi (kelebihan fosfat) hampir selalu disebabkan oleh pembuangan limbah aktifitas manusia seperti detergen, pupuk, atau limbah yang mengandung fosfat, ke dalam sistem perairan. Pada perairan eutrofik ini fauna air sangat menderita akibat tingginya respirasi oleh vegetasi air (Thiébaud, 2008).

Mesotropik adalah perairan dengan tingkat produktivitas menengah disebut perairan mesotrofik. Perairan ini memiliki nutrisi tingkat sedang dan biasanya air jernih dengan tanaman air yang terendam (Thiébaud 2008).

Oligotrofik adalah perairan dengan hampir tidak ada cemaran/cemaran rendah. Perairan ini memiliki produksi alga sangat rendah - rendah, sehingga perairan ini sangat

jernih, dengan kualitas air minum yang tinggi. Perairan ini memiliki oksigen yang cukup, penuh berisi ikan dan fauna akuatik. Perairan Oligotrophic paling sering terjadi di daerah dingin yang diliputi oleh batuan beku yang resisten (terutama batuan dasar granit) (Thiébaut 2008).

Hypereutrophik adalah perairan yang bermasalah yang diakibatkan oleh tingginya pertumbuhan tanaman air dan alga yang disebabkan tingginya cemaran yang merupakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman. Perairan ini memiliki warna air cenderung terlihat gelap hingga sedikit transparansi karena pertumbuhan berlebih yang lebat dari alga atau flora air lainnya. Perairan ini biasanya memiliki jarak pandang yang terbatas hingga lebih rendah dari 3 kaki. Perairan hypereutrophik juga memiliki lebih dari 100 mikrogram/liter fosfor dan lebih dari 40 mikrogram / liter klorofil total. Pertumbuhan berlebih dari alga seringkali menyebabkan kematian fauna akuatik dan menciptakan zona mati di bawah permukaan air (Thiébaut 2008).

Dapat disimpulkan, kehadiran tanaman air disebut perairan merupakan indikator kesehatan perairan tersebut. Semakin banyak alga menandakan kualitas perairan tersebut rendah.

C. TANAMAN AIR DALAM AQUARIUM



Air yang kaya oksigen akan otomatis memberikan lingkungan ekosistem yang sehat bagi kehidupan ikan. Para hobiis flora fauna akuatik mengharapkan kehidupan dalam ekosistem mini (akuarium) selalu stabil dan sehat. Dalam perawatan ekosistem mini ini selalu ada, salah satunya adalah kandungan CO₂ dalam akuarium. CO₂ merupakan masalah utama dalam akuarium yang berasal dari sisa pakan dan kotoran ikan. Sisa bahan pakan dan CO₂, membutuhkan alat perombak alami.




“Memberikan penyeimbang dalam akuarium sangat penting, penyeimbang tersebut adalah tanaman air, yang menyeimbangkan gerakan air dengan meningkatkan serapan hara (sisa pakan) oleh tanaman, serta mendistribusikan panas dan membawa oksigen ke ikan tanpa mengusir semua CO₂ yang tersedia untuk tanaman air”.

“Tanaman penghias akuarium yang harus dipilih dan mampu beradaptasi terhadap tingkat CO₂ yang selalu berubah rubah (tidak stabil) dengan serapan CO₂ dan hara sedang-tinggi dan mampu mengeluarkan semua CO₂ dalam air pada siang hari”.

Akar dari semua tanaman air melepaskan oksigen ke lingkungannya. Pelepasan ini mungkin kecil atau cukup besar tergantung pada umur dan spesies tanaman. Dalam sebuah penelitian eksperimental oleh Moorhead and Reddy (1988) Tingkat pelepasan oksigen diukur untuk beberapa tanaman air. Berikut beberapa contoh tanaman yang telah diukur kadar pelepasan oksigen.

Tabel 1.6. Beberapa tanaman yang telah diukur secara empiris kadar pelepasan oksigen.

No	Jenis tanaman	Jumlah O ₂ yang dilepas (mg O ₂ /h/g akar kering)
1.	 <p>Pennywort (<i>Hydrocotyle umbellata</i>)</p>	3,5
2.	 <p>Pickerelweed (<i>Pontederia cordata</i>)</p>	1,5

3.	 <p>Cat tail (<i>Typha latifolia</i>)</p>	1,4
4.	 <p>Water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>)</p>	1,2
5.	 <p>Water lettuce (<i>Pistia stratiotes</i>)</p>	0,30

Sumber: Moorhead and Reddy (1988) (Sumber gambar: [https:// Wikipedia.org](https://Wikipedia.org))

Tanaman air di akuarium melepas oksigen dari akar, sebanyak 70%. Tanaman air yang muncul kepermukaan menyerap lebih banyak CO₂ dan melepaskan O₂ lebih banyak juga, seperti *Sagittaria latifolia*. Meskipun semua tanaman air harus membawa oksigen ke daerah akar, dan melepaskan kembali dari akar. Hobiis aquascape harus mengetahui bahwa tanaman yang terendam selain melepaskan oksigen juga mempengaruhi ekologi dari substrat dalam akuarium. Semua akar tanaman akan melepaskan oksigen dan senyawa organik lainnya untuk proses amonifikasi yaitu dengan memproduksi asam dan pengurangan

nitrat. Hal ini membuktikan bahwa akar tanaman memiliki dampak besar pada ekologi sedimen, merangsang proses daur ulang nutrisi sedimen dan toksin. Tanpa oksigen dari tanaman substrat dan amoniak yang terdapat dalam substrat menjadi area yang mematikan bagi fauna akuatik.

D. PERSPEKTIF MANFAAT TANAMAN AIR DALAM AKUAKULTUR

1. Tumbuhan air yang terapung dapat berfungsi sebagai pelindung bagi ikan dari serangan ikan buas, dan atau sebagai tempat menempelkan telur.
2. Tumbuhan air yang terapung seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat digunakan nelayan untuk menangkap udang galah.
3. Tumbuhan air seperti jenis *Phragmites spp.* yang telah tua batangnya digunakan untuk melakukan penangkapan ikan di sungai atau di lebung-lebung sebagai pemikat ikan.⁴
4. Pembakaran tumbuhan air pada musim kemarau dapat memberikan dampak yang positif pada tanah yang ditumbuhi (pupuk).
5. Jenis *Eleocharis spp.*, digunakan oleh nelayan untuk bahan kemasan garam dan ikan asin.
6. Tumbuhan air merupakan hiasan akuarium yang alami.
7. Tumbuhan air merupakan obat herbal alami ikan, di karenakan tumbuhan air mempunyai senyawa alelokimia yang di lepas di lingkungan perairan.

Since life began on Earth, countless creatures have come and gone, rendered extinct by naturally changing physical and biological conditions. Since extinction is part of the natural order, and if many other species remain, some people ask: "Why save endangered species? Why should we spend money and effort to conserve them? How do we benefit?" (U.S. Fish & Wildlife Service).

DAFTAR PUSTAKA

- Aliotta G, Della Greca MD, Monaco P, Pinto G, Pollio A and Previtiera L. 1990. In vitro algal growth inhibition by phytotoxins of *Typha latifolia* L. J. Chem. Ecol. 16: 2637-2646.
- Aliotta G, Monaco P, Pinto G, Pollio A and Previtiera . 1991. Potential allelochemicals from *Pistia stratiotes* L. J. Chem. Ecol. 17: 2223-2234.
- Aliotta G, Molinaro A, Monaco P, Pinto G and Previtiera L. 1992. Three biologically active phenyl propanoid glucosides from *Myriophyllum verticillatum*. Phytochemistry 31: 109-111.
- Ahluwalia SS and Goyal D. 2007. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. 98(12): 2243-2257. Bioresource Technology. doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.006
- Barlocher F and Newell SY. 1994. Phenolics and proteins affecting palatability of *Spartina* leaves to the gastropod *Littoraria irrorata*. Mar. Ecol. 15: 65-75.
- Blaylock, M.J., Salt, D.E., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley, B.D., and Raskin, I. 1997. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. Environ. Sci. Technol. 31, 860–865.
- Bowes G. 1987. Aquatic plant photosynthesis. Strategies that enhance carbon gain. In: Crawford RMM (ed), Plant life in Aquatic and Amphibious Habitats. Blackwell Scientific Publications (Boston, MA), pp 70-98.
- Carr H and Axelsson L. 2008. Photosynthetic utilization of Bicarbonate in *Zostera marina* is reduced by inhibitors of Mitochondrial ATPase and Electron Transport. Plant Physiol. 2008. 147(2): 879–885. doi: 10.1104/pp.107.115584.
- Cheng TS and Riemer DN. 1989. Characterization of allelochemicals in American eelgrass. J. Aquat. Plant Manage. 27:84-89.
- Cuny P, Serve L, Jupin H and Boudouresque CF. 1995. Water soluble phenolic compounds of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* in a Mediterranean area colonized by the introduced chlorophyte *Caulerpa taxifolia*. Aquat. Bot. 52: 237-242.
- DeMerte JA and Hartman RT. 1974. Studies on absorption of ³²P, ⁵⁹Fe and ⁴⁵Ca by Water-Milfoil(*Myriophyllum exalbescens* fernald). Ecology 55: 188-194.
- Della Greca MD, Monaco P, Previtiera L, Aliotta G, Pinto G, Pollio A. 1989. Allelochemical activity of phenylpropanes from *Acorus gramineus*. Phytochemistry 28: 2319-2321.

- Della greca MD, Monaco P, Pollio A and Previtiera L. 1992. Structure -activity relationships of phenylpropanoids as growth inhibitors of the green alga *Selenastru capricornutum*. *Phytochemistry* 31: 4119-4123.
- Dong, J., Wu, F.B., Huang, R.G., and Zang, G.P. 2007. A chromium-tolerant plant growing in Cr-contaminated land. *Int. J. Phytoremediat.* 9, 167–179.
- Elakovich SD and Yang J. 1996. Structures and allelopathic effects of Nuphar alkaloids: Nupharolutine and 6,6'-dihydroxythiobinupharidine. *J. Chem. Ecol.* 22: 2209-2219.
- Elankumaran, R., Raj Mohan, B., Madhyastha, M.N., 2003. Biosorption of copper from contaminated water by *Hydrilla verticillata* casp. and *Salvinia* sp. Available from: .
- Garbisu, C., Hernandez-Allica, J., Barrutia, O., Alkorta, I., and Becerril, J.M. 2002. Phytoremediation: a technology using green plants to remove contaminants from polluted areas. *Rev. Environ. Health* 17, 173–188.
- Gupta KJ, Mur L.A.J and Warne B.N. 2015. *Alternative respiratory Pathways in Higher Plants.* Wiley Blackwell. 367pp.
- Gross EM, Meyer H and Schiling G. 1996. Release and ecological impact of algicidal hydrolysable polyphenols in *Myriophyllum spicatum*. *Phytochemistry* 41: 133-138. [doi.org/10.1016/0031-9422\(95\)00598-6](https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00598-6).
- Harborne JB. 1975. Flavanoid sulphates: A new class of sulphur compounds in higer plants. *Phytochemistry* 14: 1147-1155.
- Hough RA and Wetzel RG. 1975. The release of dissolved organic carbon from submersed aquatic macrophytes: Diel, seasonal and community relationships. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 19: 939-948.
- Huang JW, Pellet DM, Papernik LA, and Kochian LV. 1996. Alumenium interactions with voltage dependent calcium transport in plasma membrane vesicles isolated from root of aluminium-sensitive and resistant wheat cultivars. *Plant Physiol.* 110: 561-569.
- Huang, J.W., Chen, J.J., Berti, W.R., and Cunningham, S.D. 1997. Phytoremediation of leadcontaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environ. Sci. Technol.* 31, 800–805.
- Hutchinson GE. 1975. *A Treatise on Limnology.* Vol III. John Wiley & Sons (NY), p. 368.
- <https://en.wikipedia.org/wiki/File:ElodeaNuttallii2.jpg>, di akses tanggal 3 Maret 2018
- https://en.wikipedia.org/wiki/Eichhornia_crassipes, di akses tanggal 3 Maret 2018
- https://en.wikipedia.org/wiki/Typha_angustifolia, di akses tanggal 3 Maret 2018
- [https:// Wikipedia.org](https://Wikipedia.org), di akses tanggal 3 Maret 2018

- Irawanto, R. (2016). Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Akuatik Koleksi Kebun Raya Purwodadi
- Jones JI, Moss B, Eaton JW, Young JO. 2000. Do submerged aquatic plants influence periphyton community composition for the benefit of invertebrate mutualists. *Freshwater Biology*. 43: 591-604
- Kerfoot WC. 1989. Glucosinolates and phenolics in aquatic macrophytes: implications for allelopathy studies and suggested practical uses for metabolic blocking agents. *Proceedings of 23rd Annual meeting, Aquatic plant control research program.* (Environmental Laboratory, US. Army Engineer Waterways Experiment station (Vicksburg, MS), pp 178-187.
- Keskinkan, O., Goksu, M.Z.L., Basibuyuk, M., Forster, C.F., 2004. Heavy metal adsorption properties of a submerged aquatic plant (*Ceratophyllum demersum*). *Bioresource Technology* 92, 197–200.
- Keskinkan, O., Goksu, M.Z.L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., Forster, C.F., 2003. Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*). *Process Biochemistry* 39 (2), 179–183
- Kuncoro, E. B., & Si, S. (2008). *Aquascape, Pesona Taman Aquarium Air Tawar*. Kanisius
- Kim B and Wetzel RG. 1993. The effect of dissolved humic substances on the alkaline phosphatase and the growth of microalgae. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 25: 129-132.
- Les DH and Sheridan DJ. 1990. Biochemical heterophylly and flavonoid evolution in North America *Potamogeton* (Potamogetoneceae). *Am. J. Bot.* 77: 453-456.
- Low, K.S., Lee, C.K., Nag, A.Y., 1997. Treatment of chromium(VI) waste by the non-living biomass of water Hyacinth roots. *International Journal of Environmental Studies* 53 (1/2), 87–99.
- Liphadzi, M.S., Kirkham, M.B., Mankin, K.R., and Paulsen, G.M. 2003. EDTA-assisted heavy-metal uptake by poplar and sunflower grown at a long-term sewage-sludge farm. *Plant Soil* 257, 171–182
- Lim, T.T., Chui, P.C., and Goh, K.H. 2005. Process evaluation for optimization of EDTA use and recovery for heavy metal removal from a contaminated soil. *Chemosphere* 58, 1031– 1040.
- Madsen, T.V. and Sand-Jensen, K., 1987. Photosynthetic capacity, bicarbonate affinity, and growth of *Elodea canadensis* Michaux exposed to different concentrations of inorganic carbon. *Oikos*, 50: 176-182.
- Meers, E., Ruttens, A., Hopgood, M.J., Samson, D., and Tack, F.M. 2005. Comparison of EDTA and EDDS as potential soil amendments for enhanced phytoextraction of heavy metals. *Chemosphere* 58, 1011–1022.

- Martyn RD, Samuelson DA, and Freeman TE. 1983. Phenol-storing cells in Waterhyacinth leaves. *J. Aquat. Plant Manage.* 21: 49-53.
- Martyn RD and Cody YS. 1983. Isolation of phenol cells from waterhyacinth leaves and possible effect on the growth of foliar pathogens. *J. Aquat. Plant Manage.* 21: 58-61.
- McClure JW. 1970. Secondary constituents of aquatic angiosperms. In: Harborne JB (ed), *Phytochemical Phylogeny*. Academic Press (NY), pp 233-268.
- Molisch, H., 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die Anderd-Allelopathie*. Fischer, Jena, Germany.
- Moorhead KK and KR Reddy. 1988. Oxygen transport through selected aquatic, macrophytes. *J. Environ. Qual.* 17:138-142.
- Moore BC, Lafer JE, Funk WH (1994) Influence of aquatic macrophytes on phosphorus and sediment porewater chemistry in a freshwater wetland. *Aquat Bot* 49: 137–148.
- Muhammad D, Chen F, Zhao J, Zhang G and Wu F. 2009. Comparison of EDTA and Citric Acid- Enhanced Phytoextraction of Heavy Metals in Artificial Metal Contaminated soil by *Typha Angustifolia*. *International Journal of Phytoremediation*, 11:558–574. DOI: 10.1080/15226510902717580
- Nielsen SL and Sand- Jensen K. 1991. Variation in growth rates of submerged rooted macrophytes. *Aquat. Bot.* 39:109-120.
- Nor YM and Cheng HH. 1986. Chemical speciation and bioavailability of copper: Uptake and accumulation by *Eichornia*. *Environ. Toxicol. Chem.* 5: 941-947.
- Nurdiana, D. R. (2013). Inventarisasi Tumbuhan Air Di Kebun Raya Cibodas. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 2(1).
- Planas D, Sarhan F, Dube L, Godmaire H and Cadieux C. 1981. Ecological significance of phenolic compounds of *Myriophyllum spicatum*. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 21: 1492-1496.
- Sand-Jensen, K. 1983. Photosynthetic carbon sources of stream macrophytes. - *J. exp. Bot.* 34: 198-210.
- Saito K, Matsumo M, Sekine T, Murakoshi I, Morisaki N and Iwasaki S. 1989. Inhibitory substances from *Myriophyllum brasiliense* on growth of blue-green algae. *J. Nat. Prod.* 52: 1221-1226. DOI: 10.1021/np50066a004.
- Sanyahumbi, D., Duncan, J.R., Zhao, M., VanHile, R., 1998. Removal of lead from solution by the non-viable biomass of the water fern *Azolla filiculoides*. *Biotechnology Letters* 20 (8), 745–747.

- Santamaria L, Dias C, and Hootsmans MJM. 1994. The influence of ammonia on the growth and photosynthesis of *Ruppia drepanensis* Tineo from Donana National park (SW Spain). *Hydrobiologia* 275-276:219-231.
- Stevens KL and Merrill GB. 1981. Dihydroactinidiolide – a potent growth inhibitor from *Eleocharis coloradoensis* (spikerush). *Experientia* 37:1133.
- Thiébaud G. 2008. Chapter 3 Phosphorus and Aquatic Plants. Publication at: <https://www.researchgate.net/publication/226861029>. Pp 31-49. DOI: 10.1007/978-1-4020-8435-5_3
- Upatham, E.S., Boonyapookana, B., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Parkpoomkamol, K., 2002. Biosorption of cadmium and chromium in duckweed *Wolffia globosa*. *International Journal of Phytoremediation* 4 (2), 73–86
- Van Aller R, Pessoney GF, Rogers VA, Watkins EJ, and Leggett HG. 1985. Oxygenated Fatty Acids: A Class of Allelochemicals from Aquatic Plants pp 387–400. *ACS Symposium Series*, Vol. 268. doi. 10.1021/bk-1985-0268.ch026.
- Walstad D, 2003. Ecology of the planted aquarium. A Practical manual and scientific treatise for home aquarist. Echinodorus publishing, Chapel Hill, North Carolina (USA). P 194.
- Wigand C, Stevenson JC, Cornell JC (1997) Effects of different submersed macrophytes on sediment biogeochemistry. *Aquat Bot* 56: 233–244
- Winterbourn M.J, Townsend CR (1991) Streams and rivers: one-way flow systems. In: Barnes RSK, Mann KH (eds), *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Blackwell Scientific, Oxford, pp 230–244.
- Wu, F.B., Chen, F., Wei, K., and Zhang, G.P. 2004. Effect of cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentrations in two barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) differing in cadmium tolerance. *Chemosphere* 57, 447–454.
- Wu, F.B., Dong, J., Qian, Q.Q., and Zhang, G.P. 2005. Subcellular distribution and chemical form of Cd and Cd-Zn interaction in different barley genotypes. *Chemosphere* 60, 1437– 1446
- Wium-Andersen S and Houen G. 1983. Elemental sulphur, a possible allelopathic compound from *Ceratophyllum demersum*. *Phytochemistry* 22: 2613.
- Zapata O and McMillan C. 1979. Phenolic acids in seagrasses. *Aquat. Bot.* 7: 307-317.

DAFTAR ISTILAH

- Aquatic plant** : atau tanaman air disebut juga *hidrofit* adalah tumbuhan yang telah menyesuaikan diri untuk hidup pada lingkungan perairan, baik terbenam sebagian atau seluruh tubuhnya. Tumbuhan air tergantung hidupnya pada air, tidak sekedar tanah yang becek dan kadang-kadang kering, meskipun istilah hidrofit dipakai juga untuk tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan kondisi becek, namun sehari-hari tumbuh pada kondisi tanah dengan kandungan air normal.
- Aquascape** : Seni menata tanaman dalam akuarium, sehingga membentuk nuansa ekosistem tertentu.
- Amoniak** : Amonia (NH_3) adalah gas tidak berwarna berbau tajam dan sangat larut dalam air terdiri dari nitrogen dan hidrogen. Amonia adalah senyawa yang stabil dan berfungsi sebagai bahan awal produksi nitrogen, yang merupakan senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan makhluk hidup dalam lingkungannya.
- Allelopathy** : fenomena alam dimana suatu organisme memproduksi dan mengeluarkan suatu senyawa biomolekul tertentu yang disebut alelokimia) ke lingkungannya dan senyawa tersebut memengaruhi perkembangan dan pertumbuhan organisme lain di sekitarnya.
- Asam cinnamic**: atau asam sinamant dengan rumus kimia $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCHCOOH}$ atau $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$, adalah bahan dasar pembentuk senyawa metabolit sekunder lainnya seperti fenilalanin, tirosin asam kafeat, asam p-kumarat, dan asam ferulat. Senyawa ini kemudian berubah seiring aktifitas proteinnya menjadi senyawa kimia baru seperti fitoaleksin, kumarin, lignin, dan berbagai flavonoid seperti antosianin.
- Allelochemicals**: Hasil dari metabolit sekunder.
- Alelopati** : suatu senyawa biomolekul atau alelokimia dan senyawa yang di produksi oleh tanaman, dimana senyawa ini mempengaruhi lingkungan dan organisme di sekitarnya, dan merupakan alat komunikasi molekul oleh tanaman dengan makhluk lainnya.
- asam galat** : senyawa golongan fenolik yang dikeluarkan tanaman dan tanaman air dengan gugus carbon C6-C1, mempunyai aktivitas sebagai antioksidan
- asam caffeic** : adalah senyawa organik yang diklasifikasikan sebagai asam hydroxycinnamic. terdiri dari gugus fungsional fenolik dan akrilik di temukan pada semua tumbuhan yang merupakan perantara dalam biosintesis lignin.

cemaran antropogenik: Cemaran yang disebabkan oleh polusi yang kemudian hanyut dan terkandung dalam ekosistem perairan.

Chelator : penyaring adalah molekul kecil yang mengikat sangat erat ion logam. Beberapa chelators adalah molekul sederhana yang mudah diproduksi (mis., Ethylene diamine tetra acetic acid; EDTA).

Enzim rubisco : Ribulosa-1,5-bisfosfat karboksilase-oksigenase, disingkat adalah enzim raksasa yang berperan sangat penting dalam reaksi gelap fotosintesis tumbuhan. Enzim inilah yang menggabungkan molekul ribulosa-1,5-bisfosfat (RuBP, kadang-kadang disebut RuDP) yang memiliki lima atom C dengan karbondioksida menjadi atom dengan enam C, untuk kemudian diproses lebih lanjut menjadi glukosa, molekul penyimpan energi aktif utama pada tumbuhan.

Eutropik adalah: Pengayaan tubuh air oleh nutrisi fosfor, dimana tanaman yang bersifat Eutropik tumbuh subur seiring meningkatnya kandungan fosfor dalam tubuh air, dengan produktivitas biologis yang tinggi.

Flavonoid : Flavonoid adalah senyawa yang terdiri dari 15 atom karbon yang umumnya tersebar di dunia tumbuhan. Lebih dari 2000 flavonoid yang berasal dari tumbuhan telah diidentifikasi, namun ada tiga kelompok yang umum dipelajari, yaitu antosianin, flavonol, dan flavon.

fenol : Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas. Fenol memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 ml. Fenol memiliki sifat yang cenderung asam, artinya ia dapat melepaskan ion H^+ dari gugus hidroksilnya. Pengeluaran ion tersebut menjadikan anion fenoksida $C_6H_5O^-$ yang dapat dilarutkan dalam air. Fenol dapat dijadikan sebagai antiseptik. Sehingga tanaman air yang mengandung fenol, dengan sifatnya dapat larut dalam air, sehingga dapat memperbaiki kualitas air.

Fotosintesis : adalah salah satu cara tumbuhan untuk menghasilkan makanan dan energi. *Fotosintesis adalah* pembuatan makanan oleh tumbuhan hijau melalui suatu proses biokimia pada klorofil dengan bantuan sinar matahari, sehingga menghasilkan, karbohidrat, O_2 , air dan energi.

Hypereutrophic : Perairan yang bermasalah yang diakibatkan oleh tingginya pertumbuhan tanaman air dan alga yang disebabkan tingginya cemaran yang merupakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman.

Mesotrofik : perairan dengan tingkat produktivitas menengah disebut perairan mesotrofik.

Oligotrofik : Perairan dengan hampir tidak ada cemaran / cemaran rendah. Perairan ini memiliki produksi alga rendah, sehingga perairan ini sangat jernih, dengan kualitas air minum yang tinggi.

Phytoextraction : adalah subproses fitoremediasi pada tanaman, dimana tanaman menghilangkan unsur atau senyawa logam berat berbahaya dari air dan tanah.

Polifenol : adalah kelompok zat kimia yang ditemukan pada tumbuhan. Zat ini memiliki tanda khas yakni memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya. Polifenol dapat dilihat dari warna yang dikeluarkan tumbuhan, senyawa ini berperan sebagai antioksidan.

siklus terang : Reaksi fotosintesis yang terjadi pada siang hari dengan memanfaatkan energi matahari dengan alat yang disebut foton, yang terjadi di grana / membrane tilakoid kemudian membentuk ATP dan NADPH₂.

siklus gelap : Siklus atau reaksi fotosintesis tanpa cahaya matahari. Reaksi gelap berlangsung dengan memanfaatkan ATP dan NADPH₂ yang dihasilkan oleh reaksi terang. Hasil reaksi gelap berupa molekul karbon berenergi tinggi seperti glukosa, fruktosa dan amilosa.

siklus calvin : adalah jalur metabolik yang ditemukan dalam stroma dari kloroplas di mana karbon masuk dalam bentuk CO₂ dan keluar dalam bentuk gula. Siklus menghabiskan ATP sebagai sumber energi dan mengonsumsi NADPH₂ saat mengurangi daya untuk menambahkan elektron energi tinggi untuk membuat gula.

Tellimagrandin II: Turunan dari tannin, senyawa polifenol yang dimiliki tumbuhan.

Tanaman C₃ : Tanaman yang dapat menggunakan CO₂ langsung dalam siklus calvin fotosintesis, dengan struktur kloroplas yang homogen.

Tanaman C₄ : Tanaman ini dalam fotosintesisnya tidak melakukan ikatan langsung dengan CO₂.

Tanaman CAM: Tumbuhan yang saat melakukan fotosintesis menggunakan lintasan *crassulacean acid metabolism* (CAM) untuk meminimalkan laju fotorespirasi. pembentukan asam malat dilakukan pada malam hari sedangkan penguraiannya terjadi pada siang hari. Perilaku tumbuhan ini adalah stomata membuka pada malam hari untuk menyerap CO₂ sedangkan siang hari stomata menutup, sehingga laju fotosintesis rendah. Sehingga banyak tanaman air proses fotosintesisnya adalah CAM.

BAB III

BUDIDAYA TANAMAN HIAS AIR SECARA TRADISIONAL DI LOKASI BEKAS KOLAM DAN SAWAH

Muhammad Yamin

Editor : Prof. Dr. Ir. Ngurah Nyoman Wiadnyana, DEA
Anang Hari Kristanto, Ph.D

Pendahuluan

Tanaman air dapat diartikan sebagai tanaman yang memiliki habitat di air. Tanaman air dapat dibedakan berdasarkan cara hidupnya seperti tumbuhan yang seluruh tubuhnya berada di dalam air seperti *Hydrilla* sp dan *Egeria densa*); tumbuhan yang bagian bawah berada di dalam air sedang daun tumbuh keluar dari air seperti melati air (*Echinodorus paleaefolius*) dan *Anubias* sp; tumbuhan yang mengapung di permukaan air seperti selada air (*Pistia stratiotes*) dan Tumbuhan yang tumbuh ditempat yang selalu basah (Anonim², 2012).

Salah satu bentuk pemanfaatan tanaman air yang banyak dilakukan adalah menempatkan tanaman air di kolam ikan atau akuarium yang dikenal dengan sebutan *aquascape*. *Aquascape* sendiri diartikan sebagai keahlian dalam mengatur tanaman air dan berbagai asesoris seperti batu, karang, sisa bongkaran, kayu dan lain-lain di dalam sebuah akuarium menjadi sesuatu yang memiliki nilai estetika yang hasilnya seperti kebun di dalam air (Anonim¹, 2012). *Aquascaping* bertujuan untuk membuat landscape di bawah air yang bernilai seni. Dengan kondisi aquarium yang menyerupai kondisi di alam khususnya dengan keberadaan tanaman air maka diharapkan kondisi di aquarium dapat lebih sehat dan baik bagi ikan.

Penempatan tanaman air di kolam atau di akuarium dilakukan karena keberadaan tanaman air dapat meningkatkan keindahan kolam dan akuarium serta dapat meningkatkan kesehatan ikan. Keberadaan tanaman air dipercaya dapat mengurangi stress pada ikan sehingga kesehatan dan keindahan ikan menjadi lebih baik. Disamping itu keberadaan tanaman air juga dapat memberikan manfaat lain seperti menjadi sarana yang baik sebagai tempat pemijahan ikan, membantu meningkatkan kadar oksigen di air, menekan pertumbuhan lumut dan kelebihan kadar nitrat di air dan menjadi media bagi perkembangan berbagai

organisme air yang bermanfaat bagi ikan-ikan (Suryanata, 2007; Schuurkes, *et al.* 1986)). Selain itu masih banyak kemungkinan manfaat tanaman air yang belum tereksplorasi seperti potensinya sebagai obat, bahan kosmetik dan bahan industri.

Kegiatan budidaya tanaman hias air telah ada di Indonesia sejak tahun 80an, namun keberadaannya belum berkembang dan hanya dibudidayakan di beberapa tempat. Umumnya kegiatan budidaya tanaman air yang ada lebih untuk merespon permintaan luar negeri dengan skala yang terbatas dengan jenis tanaman sebagian besar berasal dari luar negeri. Menurut laporan BI (Anonim, 2008^a) pasar tanaman air Indonesia lebih didominasi pasar internasional dengan 28 negara tujuan ekspor, sedangkan permintaan dalam negeri tidak sebanyak permintaan luar negeri namun beberapa tahun belakangan ini mulai mengalami peningkatan. Nilai kumulatif ekspor tanaman air pada tahun 2000 – 2004 mencapai 1.054.229 US\$ cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Beberapa tanaman hias air yang banyak di ekspor seperti *Cabomba* sp, *Egeria densa*, *Rotala* sp, *Mycrosorum* sp. Jumlah dan volume ekspor tanaman air tawar masih relatif kecil dibandingkan tanaman air laut, namun cenderung terus meningkat dari waktu ke waktu. Usaha budidaya tanaman air dapat ditemukan di sekitar kota Bogor sampai dataran tinggi seperti di desa-desa sekitar kawasan Taman Nasional Gunung Halimun-Salak (TNGHS) yang berada pada ketinggian 700-800 meter dari permukaan laun (MDPL). Potensi yang ada tidak menutup kemungkinan menjadikan Indonesia sebagai produsen utama tanaman air di dunia.

Diduga penyebab lambatnya perkembangan tanaman air di masyarakat adalah kesulitan dalam memelihara tanaman air dalam aquascape. Tidak jarang masyarakat menjadi kecewa karena tanaman yang ditanam tidak berkembang bahkan mati. Masih minimnya pengetahuan masyarakat serta informasi tentang pemeliharaan tanaman air dan aquascaping menyebabkan kegiatan tanaman air baru berkembang di kalangan pehobi (*hobbis*). Padahal peluang usaha dan pasar tanaman air masih terbuka. Apabila potensi tanaman air di kembangkan, maka pasar dalam negeri merupakan peluang pasar yang cukup baik bagi usaha tanaman hias air. Tidak menutup kemungkinan bila dikelola dengan baik maka dimasa depan Indonesia dapat menjadi produsen utama tanaman air di dunia. Tulisan ini membahas tentang budidaya beberapa jenis tanaman hias dengan memanfaatkan lahan bekas sawah atau kolam ikan

Lokasi budidaya tanaman air.

Budidaya tanaman air dapat dilakukan mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi tergantung jenis tanaman yang dibudidayakan. Namun demikian untuk masyarakat yang ingin membudidayakan tanaman air di tanah bekas kolam atau sawah bisa memilih lokasi-lokasi yang memiliki curah hujan cukup tinggi. Berdasarkan tipe iklim Schmid & Ferguson 1951, kawasan yang cocok untuk budidaya tanaman air berada pada lokasi dengan tipe iklim A dengan curah hujan rata-rata sebesar 2000-4000 mm/tahun. Suhu harian rata-rata berkisar 22°C – 27°C (Rachmawati, 2010).

Lokasi untuk budidaya tanaman air sebaiknya memiliki sumber air yang cukup. Ketersediaan air baik secara kualitas dan kuantitas harus terjamin cukup sepanjang tahun agar budidaya tanaman air dapat berlangsung. Apa bila memungkinkan, pilih lokasi yang terdapat mata air sehingga tanaman dapat suplay air yang cukup tanpa perlu mengeluarkan biaya yang besar. Selain itu air yang berasal dari mata air cukup baik bagi tanaman air yang seluruh bagian tanaman terendam air karena cukup jernih dengan sedikit partikel tidak larut didalamnya. Keberadaan partikel tidak larut kurang baik bagi tanaman air karena dapat menutupi permukaan tanaman seperti batang dan daun sehingga pertumbuhan tanaman terganggu, tanaman terlihat kotor dan menjadi sumber penyakit bagi tanaman.

Beberapa jenis tanaman air harus dipelihara pada genangan air yang cukup dalam seperti Cabomba, Teratai, Mayaka dan Egeria Densa. Sementara beberapa tanaman air lainnya cukup dibudidayakan pada tanah yang macak-macak atau di tanah yang sedikit tergenang air sehingga tidak seluruh bagian tanaman terendam air seperti *Glosostigma elatinoides*, *echinodorus* sp., *Buchephalandra* sp., dan *Anubias* sp.



Gambar 2.1. lokasi budidaya tanaman air dan sumber airnya.

Kondisi tanah

Selain tersusun oleh butiran tanah, tanah juga mengandung partikel lainnya serta rongga atau pori yang terletak diantara butiran tanah dan partikel lainnya. Rongga atau pori tanah ini biasanya terisi sebagian atau seluruhnya oleh air dan zat cair lainnya. Sementara bagian rongga tanah yang tidak terisi oleh air atau zat cair akan diisi oleh udara atau gas-gas lainnya. Kemampuan tanah dalam menyerap air berkaitan dengan tingkat kepadatan tanah dan porositas tanah. Tanah dengan porositas kecil dan padat akan menyebabkan sulit dalam menyerap air. Sebaliknya tanah dengan porositas besar dan tidak padat akan mudah dalam menyerap air. Lahan yang didominasi oleh liat, umumnya memiliki porisitas yang rendah dan dapat menahan air dalam waktu yang cukup lama. Sebaliknya semakin besar kandungan pasir di tanah dan semakin sedikit kandungan liatnya akan semakin tinggi porositasnya namun semakin kurang dapat menahan air. Untuk budidaya tanaman hias air khususnya jenis-jenis tanaman yang hampir seluruh bagian tanaman berada dibawah permukaan air, maka sebaiknya dipilih tanah yang memiliki tingkat porositas kecil dan memiliki kemampuan menahan air yang cukup lama.

Tanah dengan kandungan liat yang tinggi dengan sedikit pasir sangat cocok untuk budidaya tanaman air yang ditanam pada kolam dengan kedalaman air berkisar 30 cm karena dapat menahan air lebih lama. Biasanya tanah-tanah bekas sawah adalah contoh lokasi yang cocok untuk budidaya tanaman hias air yang hampir seluruh bagian tubuhnya berada di bawah permukaan air. Selain itu semakin lama usia sawah maka laju infiltrasi akan semakin kecil (Syahbuddin *et al* 2007). Sebagai contoh, lokasi budidaya tanaman hias air yang dilakukan di Desa Kampung Kramat dan Desa Gunung Bunder, Kabupaten Bogor, dilakukan

pada tipe tanah berdebu sampai liat seperti yang terdapat (Tabel 1). Beberapa jenis tanaman hias air yang dibudidayakan dalam kondisi terendam air diantaranya Kapi (*Hottonia inflata*), Cabomba hijau (*Cabomba caroliana*), *Rotala makranda*, *Rotala indica*, *Bacopa caroliana*, Teratai merah (*Nymphaea rubra*), Teratai lotus merah bintik (*Nymphaea lotus*). Sistem budidaya tanaman air dengan kedalaman air seperti ini dimana seluruh bagian tanaman berada di dalam air disebut juga dengan sebutan sistem airan.

Tabel 2.1. Hasil analisis tanah di lokasi budidaya tanaman hias air, Desa Kampung Kramat, Kecamatan Cibinong dan Desa Gunung Bunder, Kecamatan Pamijahan, Bogor.

Jenis Analisis	Kampung Kramat		Gunung Bunder 2	
	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
Tekstur		Tanah bertekstur liat		Tanah bertekstur debu berpasir
- Pasir (%)	7.55		42.35	
- Debu (%)	17.32		45.36	
- Liat (%)	75.13		12.29	
pH				
- H ₂ O	5.4	Masam	6.0	Masam
- KCl	4.7	Masam	5.2	Masam
C-Organik (%)	2.71	Sedang	2.31	Sedang
N-Total (%)	0.25	Sedang	0.21	Sedang
P (Bray I) (ppm)	6,2	Sangat rendah	9.8	Sedang
K (me/100g)	0.27	Sedang	0.27	Sedang

Penentuan kriteria tanah disesuaikan menurut Hardjowigeno (1995).

Berdasarkan keasaman tanah, terlihat bahwa tanah di lokasi ini tergolong asam. Tanah asam biasa ditemukan pada tanah sawah (Al-Jabri, 2009; Soelaeman *et al.* 2009; Suriadikarta 2009) atau lokasi-lokasi yang tergenang air. Tanah masam diantaranya disebabkan oleh pencucian unsur hara akibat curah hujan tinggi, genangan air yang terus menerus dan proses dekomposisi bahan organik.

Kondisi unsur hara khususnya C-organik, nitrogen (N), pospor (P) dan kalium (K) di lokasi ini tergolong sedang kecuali pospor yang tergolong sangat rendah. Namun demikian

masih memungkinkan tanaman dapat tumbuh air dengan baik. Walaupun kadar pospor di tanah tergolong rendah, namun kondisi yang tergenang akan meningkatkan kadar pospor yang tersedia bagi tanaman. Pada kondisi tergenang besi lebih banyak tereduksi dari bentuk Feri (Fe^{3+}) menjadi fero (Fe^{2+}) yang akan melepaskan fosfat dan dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob akan meningkatkan kelarutan senyawa Ca-P, Al-P dan Fe-P (Setyorini & Abdulrachman, 2009).

Jenis-jenis tanaman yang dibudidayakan.

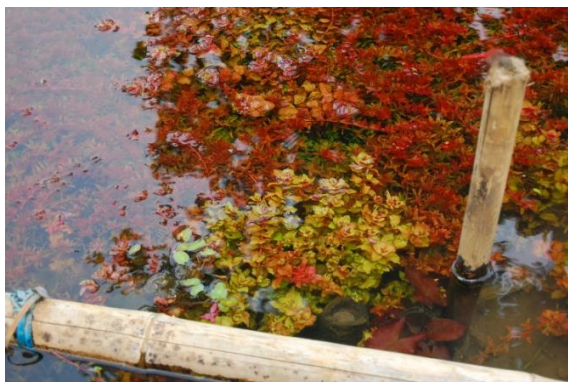
Untuk tanaman hias air yang dibudidayakan dalam kondisi terendam air sebaiknya dipelihara pada kolam berair tenang. Kolam seperti ini biasanya dapat digunakan lahan bekas sawah apalagi bila ada sumber mata air di dekatnya. Beberapa tanaman air yang dapat dibudidayakan di lahan berupa kolam bekas sawah diantaranya Kapi (*Hottonia inflata*), Cabomba hijau (*Cabomba caroliana*), Cabomba merah (*Cabomba piauhyensis*), Cabomba kuning (*Cabomba aquatica*), *Rotala makranda*, *Rotala indica*, *Bacopa caroliana*, Teratai merah (*Nymphaea rubra*), Teratai lotus merah bintang (*Nymphaea lotus*).



A. Cabomba,



B. Kapi



c. *Rotala indica*



d. Teratai lotus merah bintang (*Nymphaea lotus*)



e. Bacopa



f. Mayaca



g. *Eriocaulon staceum*



h. Cabomba sp

Gambar 2.2 Tanaman Hias Air yang dibudidayakan di Kampung Sawah.

Tanaman hias air mempunyai beberapa tipe dan kegunaan salah satunya sebagai pelindung. Petani di Kampung Kramat Cibinong Bogor membudidayakan tanaman air jenis ini.

Tabel 2.2. Jenis tanaman air yang ditanam dan kebutuhan pelindung di Kampung Sawah, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor.

No	Nama Tanaman	Kedalaman air	Naungan
1	Kapi (<i>Hottonia sp</i>)	± 30 cm	perlu
2	Cabomba hijau (<i>Cabomba caroliana</i>)	± 30 cm	perlu
3	Cabomba merah (<i>Cabomba piauihyensis</i>)	± 30 cm	Tidak
4	Cabomba kuning (<i>Cabomba aquatica</i>)	± 30 cm	Tidak

5	<i>Rotala makranda</i>	± 30 cm	Tidak
6	<i>Rotala indica</i>	± 30 cm	Tidak
7	<i>Bacopa caroliana</i>	± 30 cm	Tidak
8	Teratai merah (<i>Nymphaea rubra</i>)	± 30 cm	Tidak
9	Teratai lotus merah bintik (<i>Nymphaea lotus</i>)	± 30 cm	Tidak
10	<i>Eriocaulon staceum</i>	± 30 cm	perlu
11	Mayaca kuning (<i>Mayaca fluviatilis-yellow</i>)	± 30 cm	Tidak
12	Mayaca merah (<i>M. fluviatilis-red</i>)	± 30 cm	Tidak
13	Mayaca hijau (<i>M. fluviatilis-green</i>)	± 30 cm	perlu
14	<i>Flixa japonica</i>	± 30 cm	Tidak
15	Polisperma airan (<i>Hygrophila polysperma/ Dwarf hygrophilia</i>)	± 30 cm	Tidak
16	<i>Egeria densa</i>	± 30 cm	perlu
17	Myriophillum Merah (<i>Myriophyllum tuberculatum/ Myriophyllum mattogrossense</i>)	± 30 cm	Tidak
18	Myriophillum Hijau (<i>Myriophyllum scabratum</i>)	± 30 cm	perlu

Pengaturan Intensitas Cahaya.

Untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik setiap jenis tanaman memerlukan cahaya dengan intensitas yang berbeda-beda. Beberapa jenis tanaman membutuhkan cahaya dengan intensitas tinggi sementara yang lainnya memerlukan cahaya dengan intensitas sedang atau rendah. Beberapa tanaman hias air memerlukan intensitas cahaya yang tidak terlalu besar untuk tumbuh dan berkembang. Pengurangan cahaya akan menyebabkan tanaman yang dihasilkan memiliki tangkai yang panjang dan daun yang lebih lebar.

Salah satu upaya untuk memanipulasi intensitas cahaya yang sampai ke tanaman adalah dengan memberi pelindung di atas tanaman seperti menggunakan paranet. Selain dapat mengurangi intensitas cahaya, pemberian paranet juga dapat mengurangi suhu pada kolam pemeliharaan tanaman hias air. Tinggi paranet dari tanah kurang lebih 2 meter dari permukaan tanah atau lebih sesuai dengan kebutuhan. Bagi tanaman hias air, tujuan pemberian paranet adalah agar tanaman menghasilkan warna dan ukuran yang bagus. Tanaman Cabomba hijau (*Cabomba caroliana*) dan *Egeria densa* yang ditanam di bawah paranet agar menghasilkan tanaman dengan warna hijau cerah. Sebaliknya bila ditanam tanpa menggunakan paranet akan menghasilkan tanaman yang berwarna hijau kecoklatan. Sebaliknya tanaman *Rotala* sp. dan Cabomba merah (*Cabomba piauhyensis*) ditanam tanpa menggunakan paranet agar menghasilkan tanaman dengan warna merah yang lebih terang. Penanaman di bawah lokasi yang terlindung akan menghasilkan tanaman dengan warna merah kehijauan.



Gambar 3.2. Budidaya tanaman air di Kampung Kramat dengan menggunakan lindungan.

Persiapan lahan dan Pemupukan

Untuk budidaya tanaman hias air dengan sistem tergenang maka perlu dilakukan pembuatan kolam agar ketinggian air dapat diatur dan tanaman air dapat tumbuh dan berkembang di dalam air. Ketinggian air perlu diatur agar tidak terlalu dalam dan tidak terlalu dalam. Dalam budidaya yang dilakukan masyarakat biasanya kolam diatur hingga ketinggian air mencapai 30 cm. Oleh nya itu selain di lahan bekas kolam, budidaya tanaman air juga dapat dilakukan di lahan bekas sawah.

Pemupukan dilakukan sebelum dilakukan penanaman tanaman air. Pemupuan dilakukan bersamaan dengan pengolahan tanah. Pengolahan tanah dilakukan cukup dengan memacul tanah tanah di dasar kolam dan menambahkan dengan pupuk kandang. Selanjutnya

tanah digenangi dengan air sampai ketinggian air mencapai ketinggian 20-30 cm. Penggenangan dilakukan sampai tanah menjadi kedap air yang ditandai dengan tidak menyusutnya air di kolam dengan cepat.

Selama masa pemeliharaan, pengulangan pemupukan baru dilakukan bila hasil tanaman mulai dirasa kurang memuaskan seperti ukuran daun yang mengecil pada *Cabomba* sp. Pemberian pupuk dilakukan dengan cara mencampur pupuk kandang dengan air lalu ditebar di dalam kolam pemeliharaan. Jumlah pupuk kandang yang diberikan tidak pasti namun bisa digunakan 200 kg pupuk untuk 1 petakan berukuran kurang lebih 10 x 10 meter. Walaupun diketahui bahwa pengaruh pemupukan dapat meningkatkan hasil tanaman namun pemberian pupuk belum dilakukan secara rutin.

Bila di lokasi cukup banyak ditemukan keong mas, maka sebelum ditanami, sebaiknya dilakukan pemberian obat anti keong yang banyak di pasaran. Pemberian obat biasanya dilakukan dengan cara menambahkan obat anti keong di air sesuai dosis yang terdapat dikemasan. Selanjutnya kolam dibiarkan tergenang untuk membunuh keong mas dan telur yang ada didalam kolam.

Penyiapan bibit tanaman

Bibit tanaman diperoleh dari perbanyakan tanaman yang ada. Cara perbanyakan tanaman umumnya dilakukan dengan cara stek atau melalui anakan tanaman atau biji. Perbanyakan *Cabomba* sp., *Rotala* sp. *Hottonia inflata*, *Bacopa* sp., *Egeria densa* dilakukan dengan stek tanaman. Perbanyakan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dilakukan dengan anakan tanaman atau menyemaikan biji tanaman.

Perawatan Tanaman

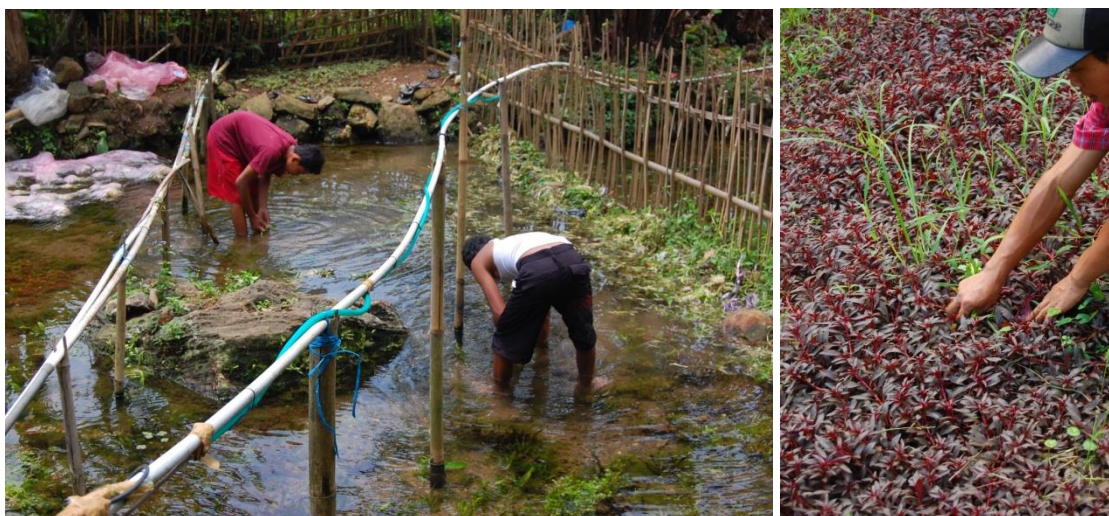
Beberapa tanaman akan mengeluarkan bunga atau berubah bentuk daunnya saat bagian atas tanaman (pucuk) tumbuh keluar dari air. Tanaman-tanaman memiliki daun berbeda saat di dalam dan di luar air diantaranya *Cabomba* sp. dan *Hottonia inflata*. Perbedaan daun tanaman yang tumbuh di dalam dan di luar air disebabkan merupakan salah satu cara tanaman dalam beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda. Secara komersial, tanaman tersebut dipasarkan dalam keadaan belum mengeluarkan bunga serta bentuk daun

seperti yang berkembang di dalam air. Oleh karena itu selalu dilakukan pemendaman kembali setiap ditemukan bagian tanaman yang tumbuh keluar dari permukaan air.

Hama dan Gulma

Hama tanaman yang menyerang tanaman air diantaranya keong, anakan katak dan ikan gabus. Salah satu jenis keong yang banyak menyerang tanaman air adalah keong mas (*Pomacea canaliculata*). Keong ini memakan hampir seluruh bagian tanaman mulai dari batang sampai daun yang terendam air. Keong mas berkembang pesat pada areal yang tergenang air dan dikenal sebagai salah satu hama yang paling merusak dan sulit diberantas pada tanaman padi. Pada tahun 2007, luas pertanaman padi yang dirusak keong mas mencapai 22.000 ha (Anonim, 2008^b). Beberapa daerah melaporkan kerusakan yang parah akibat serangan hama keong mas seperti di Cirebon (Anonim, 2010), Banjar, Kalimantan Selatan (Anonim, 2011^b), Aceh (Anonim, 2011^a). Perkembangan populasi keong ini sangat cepat dimana satu ekor induk betina mampu menghasilkan 15 kelompok telur yang masing-masing berisi 300-500 butir selama satu siklus hidup (60-80 hari), (Suharto dan Kurniawati, 2009) dan setiap bulannya mampu menghasilkan 1000–1200 telur (Anonim, 1995).

Anak katak (kecebong) umumnya memakan bagian tanaman yang masih muda. Akibatnya tanaman yang dihasilkan kurang bagus karena adanya bekas-bekas dimakan. Sedangkan ikan gabus umumnya kurang memakan tanaman air namun keberadaannya mengganggu karena akan merubuhkan tanaman air saat mereka membuat sarang di dalam kolam. Penanganan hama dilakukan dengan cara memberikan obat pembasmi keong.



Gambar 4.2 Penyiangan Gulma yang mengganggu budidaya tanaman air.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan secara selektif dengan dengan cara memotong atau mengambil bagian atas tanaman yang sehat, tidak cacat dan berwarna bagus. Cara panen tergantung jenis tanaman. Tanaman *Cabomba* sp., *E. densa*, *H. inflata*, *Bacopa* sp., *Rotala* dipanen dengan cara di stek bagian atas tanaman kurang lebih 20-30 cm. Tanaman teratai dipanen dengan cara mengambil anakan berupa akan, batang dan daun yang belum tumbuh keluar dari permukaan air. Jumlah tanaman yang dipanen disesuaikan dengan pesanan atau permintaan pasar.



Gambar 5.2 Proses pemanenan tanaman air di ahan sawah.

Penanganan pascapanen

Setelah dipanen tanaman dibersihkan dengan cara dibilas air dan disortir. Selanjutnya tanaman di taruh dalam kolam adaptasi sampai siap untuk dikemas untuk di jual. Air dalam kolam adaptasi dapat bersumber dari air tanah yang bersih dan jernih. Selanjutnya tanaman dibungkus, diletakkan dalam wadah yang tertutup dan siap untuk dipasarkan. Dalam hal pengemasan, yang harus diperhatikan bahwa tumpukan tidak boleh terlalu berat, kelembaban tanaman harus selalu terjaga dan dipasarkan dengan segera.



Gambar 6.2 Adaptasi tanaman setelah di panen pada kolam pengumpulam untuk selanjutnya di jual.



Gambar 7.2 Sortir dan pengemasan tanaman hias air sebelum di jual

Jenis tanaman air yang di minati pasar tanaman hias air tawar untuk aquascape.

a. *Mayaca fluviatilis*

Mayaca fluviatilis adalah tanaman air yang sudah cukup banyak digunakan untuk akuascape di akuarium. Dengan pemeliharaan yang baik maka *M. fluviatilis* terlihat indah dan unik dengan bentuk daun-daun hijau terang, kecil dan meruncing halus. Batang tanaman mayaca sangat lembut dan lentur, sehingga terlihat ringan dan anggun. Tanaman stem plant ini memiliki percabangan yang tergolong banyak, dapat tumbuh dengan cukup kuat dan cukup mudah dipelihara hampir semua 'scape'. Cabangnya rela dan pertumbuhannya yang cepat membuat pemangkasan biasa diperlukan.

Mayaca fluviatilis tumbuh di lumpur dan kawasan tergenang air di Amerika Selatan dan Tengah. Tanaman ini menyukai hidup di air yang sedikit asam. Tanaman ini memiliki pertumbuhan yang tergolong cepat termasuk dalam aquarium. *M. fluviatilis* cukup sensitif terhadap kekurangan zat besi di media dapat menjadi tanaman indikator bagi tanaman lain bila terjadi kekurangan FE di media tanam. Tanaman yang kekurangan zat besi akan memiliki tunas yang berwarna kuning pucat atau bahkan putih. Tanaman ini memerlukan pencahayaan sederhana sudah cukup. Untuk di akuarium, sebaiknya di beri suplai CO₂. Tanaman *Mayaca fluviatilis* dapat dengan mudah diperbanyak dengan memotong bagian tanaman dan membenamkannya di dalam lumpur.

b. *Hottonia sp*

Hottonia sp adalah tanaman hias air yang indah dan menarik saat dipelihara di aquarium. Tanaman ini dapat tumbuh di dalam air atau keluar dari permukaan air. Bentuk daun tanaman ini agak bervariasi dan berbeda antara daun hidup di dalam air atau yang mengambang/keluar dari air. Tanaman air ini memiliki akar serabut di dasar yang berkembang di media tanaman dan akar bulu yang tipis melayang bebas di air. Daun dapat berbentuk linier atau filiform dan tersusun secara bergantian, berlawanan, menyirip atau bipinat. Bunganya berwarna kecil dan putih atau ungu, yang terletak di ujung tangkai bunga yang digembungkan dengan tebal. Tanaman hotonia hidup di rawa-rawa, parit, dan kolam dangkal, termasuk kolam berang-berang, dengan air yang relatif stabil di beberapa kota di Amerika Serikat. Tanaman ini dapat dikembangbiakkan dengan cara stek batang.

c. *Cabomba sp*

Cabomba sp adalah tanaman hias air yang sudah dikenal luas dan cukup sering ditanam di akuarium. Tanaman ini bahkan sangat populer berbagai negara termasuk di Amerika Selatan karena memiliki daun dan bentuk tanaman yang indah. Jenis tanaman Cabomba diantaranya cabomba hijau (*C. caroliniana*) dan cabomba merah (*C. furcata*). Cabomba hijau adalah tanaman cabomba yang umum ditemukan, dan mudah dipelihara di akuarium. Sebaliknya, cabomba merah (*C. furcata*) merupakan salah satu tanaman yang cukup sulit dirawat di akuarium. Daun tanaman cabomba yang terendam air berbentuk orbicular yang terdiri dari lembaran daun yang membentuk seperti benang, lembut dan halus dan melebar seperti kipas. Batang tanaman *Cabomba, sp*, yang tumbuh memanjang dengan daun lebat akan terlihat seperti sikat botol. Tanaman cabomba memiliki akar putih halus dari batang, dan dapat menghasilkan bunga saat batang muncul ke permukaan air. Tanaman ini tergolong memiliki pertumbuhan yang cepat dengan batang tanaman ini dapat memanjang dengan cepat sampai 30-80 cm dan dengan lebar 5-8 cm. Batang tanaman ini terdiri dari bagian basal yang berkembang secara horisontal serta bagian yang naik sampai mencapai permukaan air selama produksi bunga. Ketika daun tanaman *Cabomba, sp* tumbuh mereka bisa menjadi penjebak makanan yang sangat baik untuk udang akuarium. Walaupun demikian, perawatan tanaman ini di aquarium tergolong lebih rumit dibanding beberapa tanaman hias air lain. Tanaman *Cabomba, sp* dapat diperbanyak dengan cara memotong bagian tanaman dan menanamnya pada media tanam atau lumpur. Pemotongan tanaman perlu dilakukan hati-hati karena batang tanaman ini sangat lembut dan mudah tercabut dari media tumbuhnya.

d. *Bacopa caroliniana*

Bacopa caroliniana adalah salah satu tanaman yang paling populer dan cukup mudah dipelihara di akuarium untuk aquacape. Tanaman ini memiliki daun yang tebal dan pertumbuhan yang relatif lambat membuatnya menjadi pilihan populer di aquascaping. Tanaman ini memiliki batang yang gemuk, berair dan rapuh. Batang tanaman ini dapat tumbuh mencapai panjang 10-30 cm dan lebar 3-4 cm. Selain itu tanaman ini mudah dibentuk sesuai selera. Warna tanaman ini umumnya kuning kehijauan, tetapi di bawah cahaya yang kuat atau saat keluar dari air, tunas yang tumbuh akan berwarna merah muda atau tembaga-coklat.

Bacopa caroliniana berasal dari Amerika dan telah digunakan sebagai tanaman akuarium selama bertahun-tahun. Tanaman *Bacopa* menyukai intensitas cahaya rendah. Laju pertumbuhan tanaman ini tergolong lambat membuatnya sehingga tanaman ini tidak

memerlukan banyak perhatian. Seperti kebanyakan tanaman punca, tanaman ini sangat dekoratif ketika ditanam dalam kelompok kecil.

B. caroliniana mudah dibudidayakan. Mudah diperbanyak dengan stek. Pemotongan pucuk tanaman utama akan menghasilkan sejumlah anakan tanaman baru kesamping dalam beberapa minggu. Bunga tanaman ini berwarna biru, dengan 5 petala. Tanaman ini dapat tumbuh sampai 50–100 cm. saat tanaman tumbuh keluar dari permukaan air, maka daunnya terlihat seperti dilapisi lilin (waxy). Tanaman ini kadang menghasilkan bunga di bawah air namun akan segera membusuk.

e. *Egeria densa*

Egeria densa adalah salah satu tanaman akuarium yang cukup populer di berbagai negara sehingga saat ini dapat ditemukan di Amerika utara, Eropa, Asia, Australia, New Zealand, dan Africa. Tanaman ini tergolong mudah untuk tumbuh dan berkembang di akuarium sehingga cocok untuk yang baru mulai memelihara aquascape. Tanaman ini memiliki pertumbuhan yang tergolong cepat serta dapat membantu menciptakan keseimbangan di akuarium. Batang tanaman dapat tumbuh hingga 40-100 cm dengan lebar 2-4 cm. Manfaat lainnya adalah tanaman ini mampu menyerap banyak nutrisi dari air sehingga dapat menekan pertumbuhan organisme lain yang tidak diharapkan. Disamping itu *Egeria densa* dilaporkan dapat mengeluarkan zat-zat antibiotik yang dapat membantu mencegah berkembangnya alga biru-hijau (sejenis bakteri). Namun demikian pada kondisi yang minim cahaya dan nutrisi, walaupun pertumbuhan tetap berlangsung tetapi warna tanaman menjadi lebih terang dengan sulurnya yang tipis.

Egeria densa adalah tanaman asli di Argentina, Brazil, dan Uruguay. Tanaman *egeria densa* memiliki daun paralel yang tersusun membentuk lingkaran empat daun dalam setiap buku-bukunya, dengan panjang daun 1-4 cm dan lebar 2-5 mm, serta ujung daun runcing. Akar tumbuh di buku-buku sepanjang batang. Batang tanaman akan tumbuh sampai mencapai permukaan air, dan mulai membentuk cabang-cabang yang menyebar dan membentuk kanopi yang dapat menghalangi cahaya masuk ke dalam air. Tanaman ini dapat menghasilkan bunga berdiameter 12-20 mm, dengan tiga kelopak putih lebar, bulat, panjang 8–10 mm pada tanaman jantan, dan 6-7 mm panjang pada tanaman betina. *Egeria densa* adalah tanaman air yang dapat tumbuh di air hingga kedalaman 4 m, dengan batang yang menjuntai menjadi 2 m atau lebih panjang. Tanaman ini memiliki kemampuan untuk bersaing dengan spesies tanaman air lainnya karena memiliki kemampuan membentuk kanopi

padat dipermukaan air sehingga menyebabkan macrophytes lainnya yang hidup didasar perairan sulit berkembang.

Tanaman ini mudah di kembang biakkan cara vegetatif melalui stek. Tanaman yang umumnya dibudi dayakan saat ini adalah tanaman jantan. Tanaman ini tumbuh baik dalam suhu air 16–28 °C. Suhu di atas 32 °C dapat menyebabkan penurunan hasil fotosintesis dan pertumbuhan tanaman melambat. Sebaliknya suhu dingin dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Tanaman *Egaria densa* dapat tumbuh dan berkembang pada kondisi minim cahaya.

f. Rotala indica

Rotala indica adalah tanaman air yang populer di kalangan pecinta akuascaping karena daun dan bunganya yang penuh warna. Daun tanaman ini berwarna hijau di bagian pucuk dan merah muda di bagian bawah dengan posisi berlawanan dalam garis tegak lurus sepanjang batang. Daun tanaman ini tebal dan lunak, berbentuk persegi panjang dengan panjang hingga 3 cm. Bunga-bunga tanaman ini berwarna merah muda kecil muncul di daun axils tunggal. *Rotala indica* memiliki batang lunak berbentuk persegi yang tumbuh tegak atau merambat dan dapat tumbuh hingga 60 cm. Tanaman ini biasa dikenal dengan sebutan toothcup India. Ini adalah tanaman mid-ground yang ideal yang menambah warna akuarium yang ditanam di air tawar. Tanaman ini dianggap sebagai tanaman yang rapuh dan tidak boleh dipelihara bersama dengan ikan yang sangat aktif atau besar karena dapat merusak batang.

Rotala indica pertama kali ditemukan oleh Koehne pada tahun 1881. Tanaman ini masuk dalam family *Lythraceae* dan ordo *Myrtales* dan klas *Magnoliopsida*. Tanaman rotala berasal dari Asia Tenggara seperti Philipina, Sri Lanka, Vietnam, China and Japan. Namun saat ini tanaman ini sudah ditemukan tumbuh di Congo (Africa), Italy and Portugal (Europe), California and Louisiana di United States. Di lingkungan liar, tanaman ini hidup di pinggir-pinggir sawah, dan daerah lembab dimana bagian atas tanaman dapat naik ke atas permukaan air.

Rotala indica dapat dengan mudah diperbanyak dengan cara memotong batang tanaman utama dan menanamnya pada tanah yang terendam air. Potongan tanaman bagian atas diletakkan dengan hati-hati ke dalam substrat agar batang tidak hancur. Akar tanaman akan tumbuh dalam waktu yang tidak lama dibagian buku pertama batang. Semakin lama daun dan batang tanaman ini akan semakin lebat seiring dengan bertambahnya waktu.

Tanaman ini kadang-kadang dapat memperbanyak diri melalui reproduksi seksual dan memproduksi benih.

g. *Myriophyllum* merah (*Myriophyllum tuberculatum*)

Tanaman *Myriophyllum* merah atau dikenal dengan *Myriophyllum tuberculatum* adalah salah satu spesies tanaman hias air yang memiliki warna dan bentuk yang unik dan cantik. Tanaman ini memiliki daun selinder seperti bulu halus yang berwarna merah sampai oranye-merah. Tanaman ini memiliki batang dengan panjang 10-60 cm, berbentuk silindris, dengan warna merah muda dan bercabang-cabang. Bentuk dan warna yang unik ini menyebabkan tanaman ini menarik perhatian bila berada diantara tanaman hias air lain yang berwarna hijau saat membuat aquascaping. *Myriophyllum* merah memerlukan intensitas cahaya yang tinggi, CO₂, dan tingkat nutrisi agar dapat tumbuh dan berkembang baik serta memiliki warna yang cantik.

Myriophyllum tuberculatum dilaporkan berasal dari asia selatan dan asia tenggara, dan australia utara. Tanaman ini juga ditemukan disejumlah daerah di India (Cook 1996). Di Amerika Selatan, tanaman ini hidup pada perairan yang arus pelan dan stagnan. Most stores and websites offering this plant are actually offering a blander, red-brown species native to Florida.

Tanaman Ini dapat tumbuh mencapai 20-60 cm dengan lebar 3-4 cm. Dalam kondisi yang optimal, tanaman ini akan tumbuh dengan cepat ke permukaan air, dan menghasilkan banyak tunas lateral sehingga terlihat lebat. Tanaman ini tergolong cepat tumbuh sehingga perlu dilakukan pemangkasan agar pertumbuhannya padat dan kompak. Pemangkasan dilakukan dengan cara membuang batang tua dan menanam kembali bagian atas yang kuat,.

Perbanyak tanaman ini dapat dilakukan dengan cara memotong bagian batang bagian atas tanaman utama dan menanamnya kembali ke dalam substrat. Sisa potongan tanaman umumnya relatif lambat dalam menghasilkan tunas-tunas baru sehingga tidak perlu dipertahankan.

h. *Blyxa japonica*

Blyxa japonica adalah salah satu tanaman akuatik yang cukup populer dikalangan pecinta aquascape khususnya dalam lima hingga sepuluh tahun terakhir. Tanaman ini tergolong mudah tumbuh dalam kondisi akuarium khususnya dengan perawatan yang tepat. Tanaman ini mirip rumput yang menarik dengan tinggi sekitar 20 cm. *Blyxa japonica* sangat

ideal untuk latar depan atau bahkan mid-ground di akuarium yang lebih kecil. Tanaman Ini memiliki batang pendek dengan daun hijau dengan bentuk ramping panjang yang muncul dari buku-buku yang pendek sehingga tampak seperti roset. Pada kondisi fosfat yang tinggi tanaman ini dapat menghasilkan bunga putih kecil di ujung tangkai. Dalam lingkungan cahaya rendah, tanaman ini tumbuh lebih tinggi dan lebih hijau. Tanaman ini memiliki akar yang berukuran cukup gemuk khususnya pada kondisi nutrisi cukup tersedia di substrat dasar. Tanaman *Blyxa japonica* pertama kali dideskripsikan pada tahun 1889 dan mulai diperkenalkan pada hobiis pada awal abad 1900. Tanaman ini dapat ditemukan di dengan perairan dengan air yang bergerak lambat di Asia Timur seperti kolam-kolam yang stagnan, dangkal, rawa-rawa, sawah serta di hutan-hutan tropis. Tanaman ini juga dapat ditemukan di habitat sawah. Tanaman ini dapat dengan mudah diperbanyak dengan cara memotong anakan tanaman dan menanamnya langsung ke substrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jabri, M. 2009. Uji Efektivitas Pupuk NPK Majemuk Berkah Padi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Sawah. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan, Bogor, 24-25 Nopember 2009 Buku II: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Pp. 87-104.
- Anonim, 1995. Pengendalian Hama Keong Mas. Liptan. Loka Pengkajian Teknologi Pertanian (LPTP). Banda Aceh.
- Anonim, 2002. Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia Tahun 2002. KLH. <http://www.menlh.go.id/status-lingkungan-hidup-indonesia-2002/> (visited Oktober 2011)
- Anonim^a, 2008. Pola Pembiayaan Usaha Kecil, Industri Tanaman Air. Bank Indonesia. <http://www.bi.go.id/NR/rdonlyres/70943DBB-FB1A-4F7C-8346-5F72FB825A2A/17758/tanamanair.pdf>
- Anonim^b, 2008. Keanekaragaman Hayati, Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008. KLH. http://www.menlh.go.id/slhi/slhi2008/6_keanekaragamanHayati.pdf. (visited October 20, 2010)
- Anonim^c, 2008. Luas Serangan Siput Murbai pada Tanaman Padi Tahun 1997–2006, Rerata 10 Tahun dan Tahun 2007. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Jakarta.
- Anonim, 2010. *Petani Kab. Cirebon Cmaskan Serangan Keong Mas. Pikiran Rakyat online.* <http://www.pikiran-rakyat.com/node/118818>. visited 18 Juli 2011.
- Anonim, 2011^a. Keong Mas Masih Hantui Petani di Langsa. Serambi Indonesia. <http://aceh.tribunnews.com/news/view/60138/keong-mas-masih-hantui-petani-di-langsa>. visited 18 Juli 2011
- Anonim, 2011^b. Serangan Keong Mas Resahkan Petani di Banjar. Surya Online. <http://www.surya.co.id/2011/03/27/serangan-keong-mas-resahkan-petani-di-banjar>. visited 18 Juli 2011
- Anonim², 2012. Koleksi Tumbuhan Air PKT Kebun Raya Bogor. <http://www.bogorbotanicgardens.org/koleksi.php?action=ta>. visited Juni 2012.
- Hardjowigeno (1995). Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Setyorini, D. dan Abdulrachman, S. 2008. Pengelolaan Hara Mineral Tanaman Padi. Pengembangan Agroindustri Padi. Buku 1: Padi Inovasi Teknologi dan Ketahanan pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan: p. 109-148. http://www.litbang.deptan.go.id/special/padi/bbpadi_2009_itkp_05.pdf.

- Soelaeman, Y., Setyorini, D. dan Rachman, A. 2009. Uji efektivitas pupuk Amagro-S terhadap pertumbuhan dan hasil padi (*Oryza sativa* L.) pada tanah sawah mineral masam Lampung Timur. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan, Bogor, 24-25 Nopember 2009 Buku II: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. pp. 73-85.
- Suharto, H. dan Kurniawati N., 2009. Keong mas, dari hewan peliharaan menjadi hama utama padi sawah. Pp.387-405. www.litbang.deptan.go.id/special/padi/bbpadi_2009_itp_14.pdf
- Suriadikarta, D.A. dan Kasno, A. 2009. Teknologi Pengelolaan Hara Terpadu Terhadap Neraca Hara N, P dan K Pada Varietas Padi Vutb Lahan Sawah Bermineral Dominan Liat 2:1 (Monsmorilonitik). Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan, Bogor, 24-25 Nopember 2009 Buku II: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Pp.57-72.
- Suryanata L., 2007. Aquarium dan Aquascaping. PT. Bhuana Ilmu Populer. Jakarta.
- Syahbuddin, H., Suganda, H., dan Husnain. 2007. Pengelolaan air sawah bukaan baru. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/sawahbaru/sawah%20bukaan%20baru%2007.pdf>. Visited 13 Juli 2011.

DAFTAR ISTILAH

- Aquascape : Seni menata tanaman hias air dan ikan dalam akuarium yang mencirikan disain ekosistem tertentu di alam.
- Akuarium : Wadah budidaya ikan atau tempat budidaya dan tempat penataan aquascape.
- C- organic : (Bahan Organik) merupakan presentase kesuburan dalam tanah yang terdiri dari berbagai ikatan C (karbon).
- Gulma tanaman air : tanaman lain yang tidak di harapkan hadir dan hidup dalam areal pertanaman tanaman hias air.
- Kalium : adalah mineral penting yang disebut sebagai elektrolit. Sebagai elektrolit, kalium berperan penting dalam menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh dan mengendalikan tekanan darah. Kalium juga penting untuk menjaga fungsi otot dan saraf yang mengendalikan jantung.
- N total : Merupakan sumber utama gas bebas di udara yang menempati 78% dari volume atmosfer. Dalam bentuk unsur lain tidak dapat digunakan oleh tanaman. Nitrogen gas harus diubah menjadi bentuk nitrat atau amonium melalui proses-proses tertentu agar dapat digunakan oleh tanaman.
- Tanaman air : Tanaman yang separuh atau seluruh tubuhnya hidup di dalam air
- Tekstur tanah : adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah
- pH : ukuran konsentrasi ion hidrogen dari larutan. Pengukuran pH (potensial Hidrogen) akan mengungkapkan jika larutan bersifat asam atau alkali (atau basa). Jika larutan tersebut memiliki jumlah molekul asam dan basa yang sama, pH dianggap netral.
- Pospor : berupa berbagai jenis senyawa logam transisi atau senyawa tanah langka seperti zink sulfida (ZnS) yang ditambah tembaga atau perak, dan zink silikat (Zn_2SiO_4) yang dicampur dengan mangan.
- Pori tanah : Bagian tanah yang tidak terisi padatan, atau tersisi oleh air dan udara.
- Intensitas cahaya : Besaran pokok fisika untuk mengukur daya yang dipancarkan oleh suatu sumbercahaya pada arah tertentu per satuan sudut. Satuan SI dari intensitas cahaya adalah Candela (Cd).
- Hama tanaman air : Hewan yang mengganggu area peranaman tanaman hias air.

BAB IV
**PERBANYAKAN TANAMAN HIAS AIR SECARA *IN VITRO* MELALUI JALUR
ORGANOGENESIS**

Rossa Yunita

Editor: Yadi Suryadi , M.Sc

PENDAHULUAN

Tanaman hias air merupakan tanaman hias yang tumbuh sebagian atau seluruhnya berada di dalam air yang akarnya tumbuh di dalam lumpur atau mengambang di atas air dan dapat digunakan sebagai ornamen untuk memperindah akuarium. Sekitar tahun 2000 tanaman hias air mulai populer di Indonesia akan tetapi budidayanya masih belum banyak digeluti oleh masyarakat karena sebagian besar bibitnya berasal dari luar Indonesia. Indonesia mengeksport tanaman hias air ke 28 negara pada tahun 2004, akan tetapi permintaan tidak dapat dipenuhi baik dari jenis tanaman maupun jumlahnya karena tingginya permintaan. Selain itu para petani tanaman hias air kurang memperhatikan kualitas produknya, sehingga banyak tanaman menjadi rusak ketika sampai ditangan pembeli luar negeri. Pada tahun 2005-2006 terjadi eksploitasi besar-besaran tanaman hias air tawar Indonesia khususnya khas Pulau Kalimantan yaitu *bucephalandra*. Dari tahun ketahun permintaannya ini terus meningkat, sedangkan teknologi budidaya untuk memperbanyaknya masih bersifat konvensional. Untuk itu perlu adanya alternatif teknologi perbanyakan sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Salah satu teknologi yang potensial untuk digunakan adalah perbanyakan secara *in vitro* (Kultur jaringan). Teknologi tersebut dapat menghasilkan benih dengan kualitas yang lebih baik sesuai dengan permintaan pasar (Kie³kowska and Havey 2012; Haque and Ghosh 2013).

Perbanyakan tanaman secara kultur jaringan merupakan suatu teknologi pengisolasian dan pemeliharaan sel, potongan jaringan, atau organ yang ditumbuhkan pada media buatan yang sesuai dan pada kondisinya aseptik, jaringan maupun organ selanjutnya akan beregenerasi membentuk tanaman lengkap kembali (Vargas *et al.* 2008; George *et al.* 2008; Asmita *et al.* 2017)

Pemanfaatan teknologi kultur jaringan untuk tujuan perbanyakan telah diaplikasikan pada berbagai jenis tanaman semusim maupun tahunan perbanyakan melalui kultur jaringan mempunyai beberapa keunggulan yaitu bahan tanaman (eksplant) yang digunakan, sehingga

tidak merusak tanaman induk. Perbanyakan ini menggunakan pendekatan lingkungan yang aseptik, bebas dari patogen sehingga merupakan awal seleksi bahan tanaman yang bebas dari penyakit (terutama virus). Sehingga apa bila diaplikasikan untuk perbanyak tanaman air akan menghasilkan benih yang berkualitas terutama untuk diekspor. Perbanyakan tanaman dengan kultur jaringan dapat dilakukan sepanjang tahun tanpa tergantung pada kondisi perubahan iklim dan dapat menghasilkan benih dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif singkat (Santoso dan Nursandi 2002, George *et al.* 2008).

Perbanyakan tanaman secara *in vitro* dapat dilakukan melalui dua jalur yaitu embriogenesis somatik dan organogenesis. Embriogenesis somatik adalah proses pembentukan embrio tanpa melalui fusi gamet, tetapi berasal dari sel somatik (Corredoira *et al.* 2015) Organogenesis adalah suatu proses pertumbuhan dan perbanyakan membentuk jaringan dan organ meristem baik secara langsung maupun tidak langsung (Kane *et al.* 1994), Organogenesis dapat dilakukan pada sel-sel yang bersifat meristematik dan kompeten, yaitu sel-sel yang tanggap memberikan tanggapan terhadap sinyal lingkungan atau hormonal sehingga berakhir dengan terbentuknya organ (Tyas *et al.* 2016)

BERBAGAI FAKTOR PENTING YANG MEMPENGARUHI PERBANYAKAN SECARA *IN VITRO*

Media Kultur

Media kultur merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan dalam menggunakan metode kultur *in vitro* (Zulkarnain 2011). Media yang ideal untuk perbanyakan secara *in vitro* adalah mengandung unsur-unsur hara makro dan mikro, vitamin, asam amino, zat pengatur tumbuh, sumber energi dan karbon. Unsur maupun senyawa organik tersebut diperlukan dalam proses metabolisme sebagai komponen molekul anorganik maupun organik atau berperan sebagai kofaktor dalam reaksi enzimatik (Orcutt and Nilsen 2000). Sumber karbon yang digunakan umumnya berupa gula misalnya sukrosa atau glukosa (Santoso and Nursandi. 2002).

Penentuan media kultur untuk perbanyakan tanaman secara *in vitro* tergantung pada spesies tanaman. Pada tanaman air seperti Bucepalandra, Bacopa dan Red Malang media yang optimal untuk perbanyak melalui jalur organogenesis adalah media Murashige dan Skoog (MS) (Murashige and Skoog 1962). Media MS paling banyak digunakan dalam perbanyakan secara *in vitro* karena media ini mengandung nitrat, kalium dan amonium yang cukup tinggi.

Tabel 3.1. Formulasi media dasar MS (Murashige & Skoog 1962)

No	Garam Mineral	MS
	HARA MAKRO	mg/l
1.	KNO ₃	1900
2.	NH ₄ NO ₃	1650
3.	CaCl ₂ .2H ₂ O	440
4.	MgSO ₄ .7H ₂ O	370
5.	KH ₂ PO ₄	170
6.	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	-
8.	K ₂ SO ₄	-
	HARA MIKRO	mg/l
1.	MnSO ₄ . 4H ₂ O	22.3
3.	ZnSO ₄ .7H ₂ O	8.6
4.	H ₃ BO ₃	6.2
5.	KI	0.83
6.	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.25
7.	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025
8.	CoCl ₂ .6H ₂ O	0.025
10.	FeSO ₄ .7H ₂ O	27.85
11.	Na ₂ EDTA.2H ₂ O	37.25
	VITAMIN	mg/l
1.	Inositol	100
2.	Thiamine-HCl	0.1
3.	Nicotinic Acid	0.5
4.	Prydoxine-HCl	0.5
	ASAM AMINO	
	Glisin	1-2 gr

Zat Pengatur Tumbuh Tanaman

Zat pengatur tumbuh (ZPT) merupakan senyawa organik yang dalam konsentrasi sedikit mampu memacu, menghambat atau mengubah proses fisiologi tanaman . Organogenesis secara *in vitro* sangat tergantung pada interaksi antara zat pengatur tumbuh endogenus dengan ZPT jenis yang sama yang ditumbuhkan ke dalam medium (Watimena 2011).

ZPT yang umum digunakan pada kultur *in vitro* adalah auksin dan sitokinin (Torres1989). Zat pengatur tumbuh yang termasuk dalam golongan auksin diantaranya yaitu

IAA (*Indole Acetic Acid*), IBA, NAA (*Napthalene Acetic Acid*), 2,4 D (*2,4 Dichloro Phenoxy Acetic Acid*), ZPT yang termasuk dalam golongan *sitokinin* diantaranya BAP (*Benzil Amino Purin*), zeatin, *kinetin*. Zat pengatur tumbuh mempengaruhi pertumbuhan dan morfogenesis dalam kultur sel, jaringan maupun organ. Nisbah auksin-sitokinin yang tinggi akan mendorong pembentukan akar, sedangkan nisbah sitokinin-auksin yang tinggi akan mendorong pembentukan tunas. Jenis tanaman yang berbeda akan memberikan respon yang berbeda terhadap sitokinin dan auksin karena perbedaan hormon alami yang dikandungnya (Hartmann *et al.* 1990). Pada tanaman air untuk induksi tunas membutuhkan ZPT BAP sedangkan untuk ZPT yang optimal untuk induksi perakaran adalah IBA.

Eksplan

Eksplan adalah bagian jaringan atau organ tanaman yang digunakan sebagai bahan untuk inisiasi kultur (Smith 2006). Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan tanaman untuk eksplan diantaranya yaitu sumber eksplan, ukuran eksplan, umur fisiologinya, dan organ yang menjadi sumber bahan tanaman (Hartmann *et al.* 1990). Ukuran eksplan mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan *planlet*. Tunas dengan ukuran besar lebih tahan pada saat dipindahkan ke dalam kondisi kultur *in vitro*, pertumbuhannya lebih cepat dan menghasilkan lebih banyak mata tunas *aksilar* akan tetapi akan sulit mendapatkan kultur yang aseptik dan memerlukan bahan tanaman yang lebih banyak. Umur fisiologi *juvenil* lebih baik karena bagian-bagian tanaman yang masih muda (*juvenil*) memiliki daya regenerasi yang lebih tinggi. Jaringan muda mempunyai dan kemampuan morfogenetik yang lebih besar dari pada jaringan yang tua (Gunawan 1995).

Perbanyak tanaman secara *in vitro* pada tanaman air umumnya menggunakan eksplan tunas terminal atau tunas aksilar dengan panjang ≤ 2 cm. Pada tanaman *Bacopa* sp dan *red malang* menggunakan batang yang memiliki 2-3 mata tunas. Sedangkan pada tanaman *Bucephalandra* menggunakan tunas terminal yang memiliki 2 – 4 daun.

Lingkungan Kultur

a) Suhu.

Suhu menentukan respon fisiologi kultur dan kecepatan pertumbuhan (Watimena *et al.* 2011). Pada umumnya temperatur yang digunakan dalam kultur *in vitro* biasanya lebih tinggi dari kondisi *in vivo*. Hal ini bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan dan morfogenesis eksplan.

Suhu yang digunakan pada sebagian besar laboratorium yaitu 25°C (kisaran suhu 17-32°C). Bila suhu siang dan malam diatur berbeda, maka perbedaan umumnya adalah 4-8°C. Meskipun hampir semua tanaman dapat tumbuh pada kisaran suhu tersebut, namun kebutuhan suhu untuk masing-masing jenis tanaman umumnya berbeda-beda. Pada tanaman air pertumbuhan optimal pada suhu optimumnya yaitu 23-25 °C. Pada suhu ruang kultur dibawah optimum, pertumbuhan eksplan lebih lambat, namun pada suhu diatas optimum pertumbuhan tanaman akan terhambat karena tingginya laju respirasi eksplan.

b) Kelembaban relatif.

Kelembaban relatif dalam botol kultur umumnya cukup tinggi, yaitu berkisar antara 80-99%. Sedangkan kelembaban relatif di ruang kultur umumnya adalah sekitar 70%. Jika kelembaban relatif ruang kultur berada dibawah 70% maka akan mengakibatkan media dalam botol kultur (yang tidak tertutup rapat) akan cepat menguap dan kering sehingga eksplan dan plantlet yang dikulturkan akan cepat kehabisan media. Akan tetapi bila kelembaban udara dalam botol kultur yang tinggi menyebabkan tanaman tumbuh abnormal yaitu daun lemah, mudah patah, tanaman kecil-kecil namun terlampau sukulen. Kondisi tanaman demikian disebut vitrifikasi atau hiperhidrociti.

c) Cahaya

Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang yang dapat dilihat oleh mata (Watimena *et al.* 2011). Cahanya memegang peranan penting dalam pertumbuhan tanaman karena merupakan faktor dominan dalam proses fotosintesis dan berperan sebagai pengendali, pemicu serta modulator respon morfogenesis khususnya pada awal pertumbuhan tanaman (Kasperbauer 1992).

Pada kebanyakan tanaman hias tanaman secara *in vitro* diinkubasi pada ruang penyimpanan dengan penyinaran. Tunas-tunas dirangsang pertumbuhannya dengan penyinaran, kecuali pada teknik perbanyakan yang diawali dengan pertumbuhan kalus. Sumber cahaya pada ruang kultur ini umumnya adalah lampu fluorescent (TL). Hal ini disebabkan karena lampu TL menghasilkan cahaya warna putih, dan tidak meningkatkan suhu ruang kultur secara drastis (hanya meningkat sedikit). Selain intensitas cahaya, lama penyinaran atau photoperiodisitas juga mempengaruhi pertumbuhan eksplan tanaman air

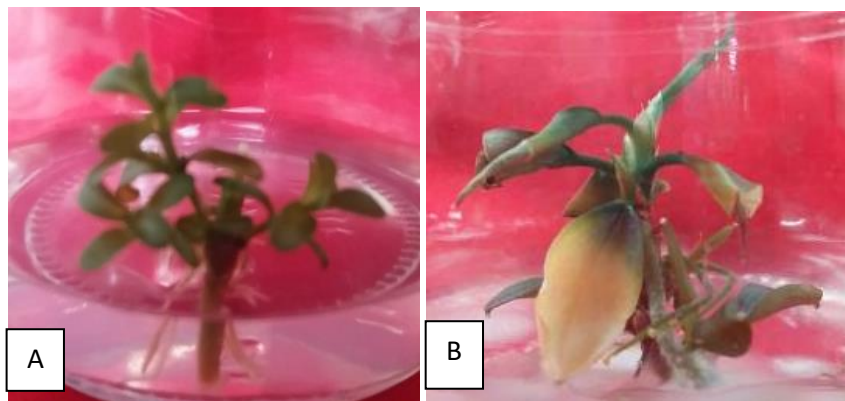
yang dikulturkan. Lama penyinaran untuk tanam hias air yaitu periode terang dan gelap umumnya diatur pada kisaran 8-16 jam terang dan 16-8 jam gelap.

TAHAPAN PERBANYAKAN TANAMAN AIR SECARA *IN VITRO*

Tahap Inisiasi tunas

Tahap inisiasi tunas merupakan tahap awal dalam kultur *in vitro* dengan tujuan untuk regenerasikan eksplan membentuk tunas. Pada tahap ini bahan tanaman yang digunakan berasal dari lapang dan tidak steril. Untuk itu perlu disdterilisasi sehingga dapat dijadikan bahan tanaman untuk perbanyak secara *in vitro*. Mikroorganismenya yang ada pada jaringan tanaman yang bersifat sistemik akan sulit dieliminasi maka pemilihan dan penyiapan ekplant harus dilakukan dengan sebaik-baiknya.

Pada tanaman hias air (*Buceplandra*, *Bacopa*) eksplant yang digunakan adalah tunas terminal dan tunas lateral. Stelisasi dilakukan dengan dengan cara merendam pada larutan sterilisasi yaitu Alkohol 70% dan Cloroh $\pm 0,9\%$ secara berurutan selama 5 – 10 menit. Hasil pengamatan pada tahap inisiasi tunas ini menunjukkan bahwa eksplan yang menghasilkan tunas adalah eksplan tunas terminal lebih banyak menghasilkan tunas majemuk. Dari penelitian yang telah dilakukan rata-rata jumlah tunas tanaman hias air yang dihasilkan pada tahap ini adalah 1-3 tunas.



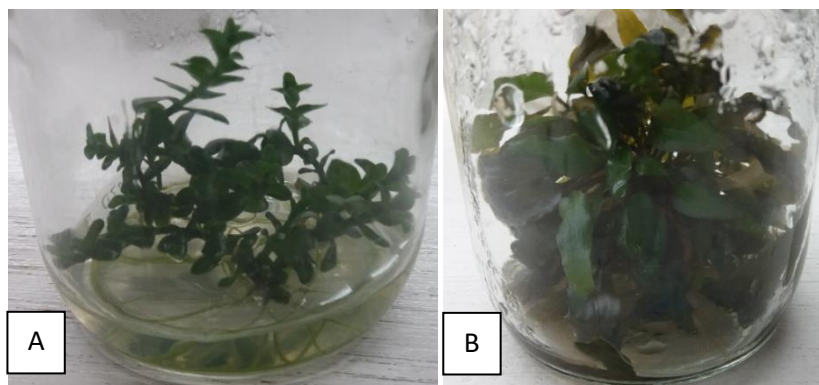
Gambar 3.1. Induksi tunas pada tanaman *Bacopa* (A) dan *Buceplandra* (B)

Tahap Multiplikasi

Tahap multiplikasi ini dilakukan dengan cara sub kultur tunas-tunas yang dhasil dari kegiatan induksi tunas. Perbanyak tunas ini dilakukan dengan cara memotong setiap ruas dan

menanamnya pada media multiplikasi. Media multiplikasi ini umumnya lebih banyak mengandung *sitokinin*.

Pada percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa kombinasi antara BAP dan Thidizuron yang ditambahkan pada media MS mampu menginduksi tunas yang lebih besar apa bila BAP atau thidizuron diberikan secara tunggal pada media tumbuh. Pada *Bacopa* kombinasi BA 0,5 mg/l dengan Thidiazuron 0,1 mg/l memberikan respon yang paling baik dimana tunas yang dihasilkan sebanyak ± 34 tunas (Yunita 2018). Sedangkan untuk *Bucephalandra otleyana melawi*. kombinasi antara BA 1 mg/l dan Thidiazuron 0,1 mg/l dapat menghasikan tunas ± 8 tunas. Tanaman dari spesies yang berbeda akan memberi respon yang berbeda terhadap zat pengatur tumbuh dalam berbagai konsentrasi secara berbeda pula karena adanya perbedaan dari kandungan konsentrasi hormon endogen tanaman itu sendiri (Karyati 2017). Dalam kondisi ini terjadi proses sinergisme antara zat pengatur tumbuh yang ditambahkan kedalam media dengan hormon endogen. Dengan adanya sinergisme tersebut terjadi peningkatan kandungan hormon yang memacu proses diferensiasi.



Gambar 3.2. Induksi tunas pada tanaman hias air (A)Bacopa dan (B)Bucephalandra secara *in vitro*

3. Tahap Induksi akar

Tujuan dari tahap induksi akar adalah untuk pembentukan akar dan pembentukan *plantlet* yang sempurna hingga dapat mengalami pertumbuhan yang sempurna hingga tahap aklimatisasi (Proses adaptif dari lingkungan *in-vitro* ke lingkungan alamiahnya). Tunas-tunas hasil kegiatan multiplikasi yang belum mempunyai akar yang sempurna di sub kultur pada media yang mengandung *auksin*. Untuk menghasilkan benih yang seragam sebelum memasuki tahap ini harus dilakukan seleksi terhadap tunas yang akan diinduksi akarnya, dimana kondisi tunas harus dalam keadaan normal. Agar pertumbuhan tunas seragam

sebelum disub kultur pada media perakaran tunas perlu dikulturkan pada media tanpa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) (Taji *et al.* 2002).

Pada tanaman air khususnya Bacopa dan Buchephalandra telah dilakukan percobaan mencari jenis auksin yang tepat untuk inuksi tuna. Auksin IBA memberikan hasil yang paling baik untuk induksi akar kedua taman air tersebut. Tunas Bacopa dan Buchephalandra akan memberikan respon dengan pembentukan akar yang baik bila dikulturkan pada Media MS yang diperkaya 0,5 mg/l IBA (Yunita 2018).



Gambar 3.3. Keragaan perakaran tanaman hias air (A)Bacopa dan (B) Buchephalandra secara *in vitro*

Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap akhir dalam perbanyakan tanaman secara *in vitro*. Aklimatisasi adalah suatu proses penyesuaian planlet untuk beradaptasi pada lingkungan yang baru. Proses aklimatisasi sangat penting karena akan menentukan apakah tanaman yang berasal dari *in vitro* dapat beradaptasi atau tidak pada kondisi *in vivo*. Kegagalan yang terbesar pada preses perbanyakan tanaman secara *in vitro* adalah pada tahap aklimatisasi.

Plantlet sulit untuk dipelihara sesuai dengan kondisi alamiahnya, karena masih sangat peka sehingga diperlukan tahap aklimatisasi. Planlet perlu dipersiapkan untuk masa transisi dari kondisi *in vitro* ke kondiasi alamiahnya sehingga mempunyai perakaran dan ketinggian yang lebih baik serta lebih kokoh. Aklimatisasi pada tanaman hias air merupakan kegiatan memindahkan eksplan dari ruangan aseptik ke dalam akuarium.

Aklimatisasi di dalam akuarium bertujuan untuk mengkondisikan planlet air agar kuat beradaptasi dengan lingkungan air tawar dan substratnya. Penyinaran tanaman tetap dilakukan dengan menggunakan lampu TL 25 watt selama 12 jam/hari dengan pH air aquarium 8.0-8,2 (Walstad 2003).

Aklimatisasi dilakukan dalam akuarium berukuran 40 cm x 60 cm x 80 cm, dengan ketinggian media pasir malang 10 cm, sedangkan pupuk *aqua soil amazonia* setinggi 5 cm ditambahkan pada media aklimatisasi. Pupuk amazonia di berikan hanya satu kali saja, karena pupuk ini bersifat padat dan *slow realise* (penyerapan perlahan) (Nugraha *et al.* 2017).

LABORATORIUM KULTUR JARINGAN UNTUK PERBANYAKAN TANAMAN AIR SECARA *IN VITRO*

Laboratorium kultur jaringan untuk perbanyak tanaman secara *in vitro* harus dirancang sedemikian baik hingga semua fasilitas dapat terjaga kebersihannya dengan baik. Suhu ruang dan kelembaban udara di dalam laboratorium terkontrol sedemikian rupa khususnya di ruang tanam dan ruang inkubasi. Jaringan listrik yang mencukupi dan stabil serta perlu adanya listrik cadangan (generator) apa bila ada gangguan listrik sangat diperlukan pada sebuah Laboatorium kultur jaringan karena bila ada terjadi gangguan listrik maka fungsi alat di labolatorium akan terganggu yang akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman bahkan dapat menyebabkan kematian

Fasilitas yang perlu tersedia pada laboratotium kultur jaringan untuk perbanyak tanaman air diantaranya yaitu ruang pencucian, ruang persiapan media (*preparation area*), ruang penanaman (*transfer area*), ruang pertumbuhan (*growing area*) dan ruang aklimatisasi yang berisi aquarium untuk aklimatisasi.

Ruang pencucian

Ruang pencucian harus memiliki autoclave untuk sterilisasi botol yang terkontaminasi mikro organisme (jamur dan bakteri), bak cuci, meja kerja, rak pengering, serta alat pengering dapat berupa oven dan lemari untuk menyimpan alat yang telah dicuci. Ruang ini juga dilengkapi dengat alat destilasi untuk menghasilkan aquades.

Ruang persiapan (*preparation area*)

Kegunaan dari ruangan ini adalah sebagai tempat untuk mempersiapkan eksplan yang akan disterilisasi, pembuatan media tanam dan sterilisasi alat-alat. Ruang ini umunya dibagi menjadi beberapa bagian yang dipergunakan untuk menyimpan media tanam, bahan-bahan kimia dan pembuatan medium. Pada kegiatan persiapan eksplan kegiatan yang dilakukan

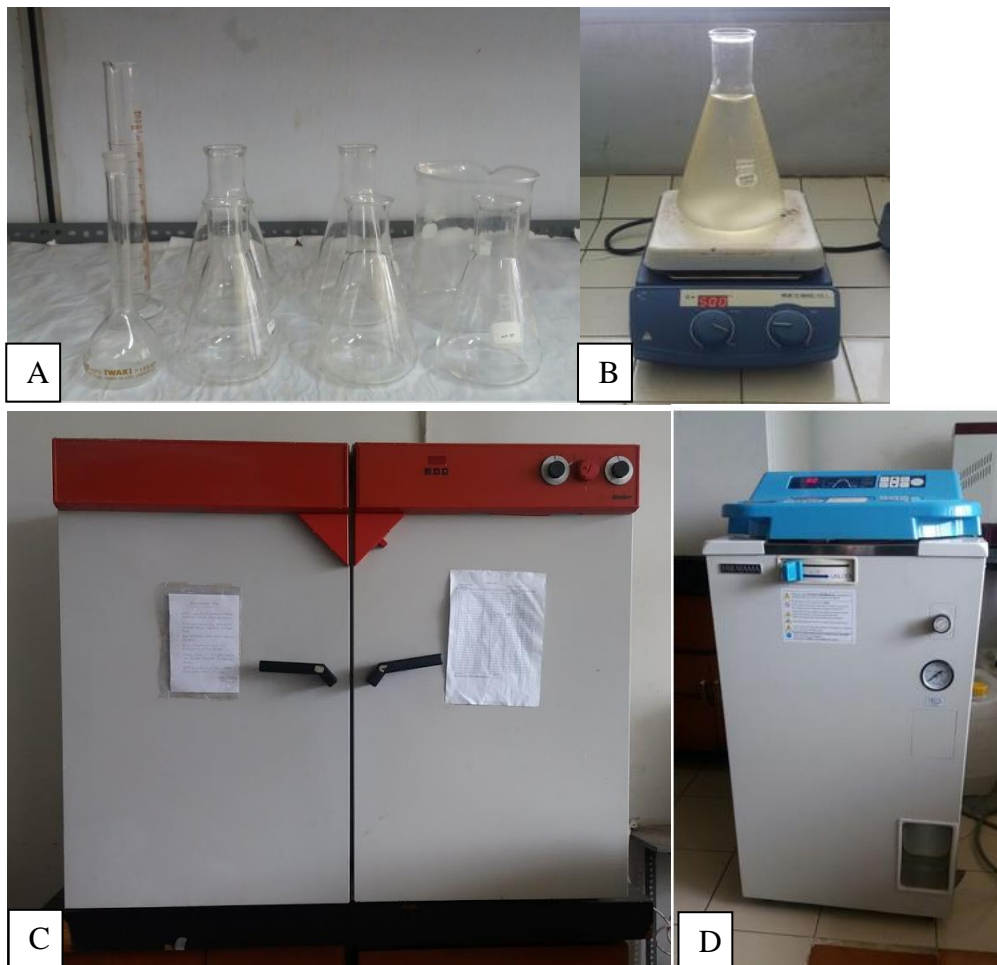
adalah pencucian, pembuangan bagian tanaman yang tidak dibutuhkan serta perlakuan awal untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

Persiapan medium meliputi penimbangan bahan kimia, pembuatan larutan stok, pengenceran larutan stok dan pemasakan media, penuangan kedalam wadah kultur dan sterilisasi. Fasilitas yang dibutuhkan di dalam ruangan ini diantaranya meja tempat meletakkan alat-alat pembuatan media, meja untuk menempatkan alat timbang, meja kerja dan bak cuci.



Gambar 3.4. Tempat penyimpanan bahan kimia di ruang persiapan

Peralatan yang diletakkan didalam ruangan persiapan adalah alat-alat gelas untuk pembuatan media seperti labu takar berbagai ukuran, erlenmeyer berbagai ukuran, pengaduk gelas, pipet pasteur, gelas piala dan wadah kultur (botol, tabung reaksi, cawan petri). Oven, alat ini berguna untuk mensterilisasi alat alat diseksi, petridish dan alat-alat glass lainnya yang digunakan sebagai alat tanam. Magnetic stirrer yang berfungsi untuk menghomogenkan media tanam atau larutan stok media. Alat-alat diseksi seperti spatula, pisau, scalpel, pinset, glinting, cutter alat ini berfungsi menyiapkan eksplan yang akan di sterilisasi. Alat pemanas untuk memasak media tumbuh. Autoclave untuk mensterilkan media tumbuh.



Gambar 3. 5. Beberapa peralatan pada ruang persiapan (A) Alat-alat gelas (B) Alat pemanas (C) oven (D) Autoclave

Ruang penanaman (*transfer area*)

Ruang transfer berfungsi untuk sterilisasi eksplant, penanaman dan sub kultur. Semua kegiatan dilakukan dalam kondisi aseptis. Ruangan ini harus dalam kondisi steril, sehingga sedapat mungkin bebas dari debu dan hewan kecil. Ruangan ini dilengkapi dengan tempat cuci tangan sehingga memudahkan peneliti atau teknisi untuk memulai pekerjaan aseptis. Suhu ruangan diatur dengan menggunakan pengatur suhu (AC). Ruangan ini juga dilengkapi dengan lampu Ultra Violet untuk sterilisasi ruangan dan lampu TL biasa.

Ruang transfer ini letaknya terisolir akan tetapi masih berhubungan dengan ruang stok, ruang inkubasi untuk memudahkan dalam proses kerja. Pintu penghubung harus selalu dalam keadaan tertutup.

Ruang penanaman ini umumnya dilengkapi dengan alat-alat untuk mengkulturkan bagian tanaman. Alat-alat tersebut diantaranya adalah air flow cabinet, alat ini berfungsi sebagai tempat mengkulturkan eksplant pada media tanam. Dissecting microscope dimana alat ini

ini berfungsi dalam mengisolasi bagian eksplan yang berukuran kecil. Alat-alat diseksi (scalpel, pinset, spatula, gunting, jarum), alat –alat ini selalu dalam kondisi steril dan di gunakan dalam proses mengkulturkan eksplan. Oven untuk sterilisasi alat tanam, bunsen burner/lampu alkohol/bactincinerator dan hand sprayer untuk alcohol.



Gambar 3.6. Beberapa peralatan pada ruang penanaman (A) Bunsen burner(B) Alat-alat diseksi (C) Hand sprayer untuk alcohol (D) Laminar air flow cabinet(E) Oven

Ruang inkubasi/kultur

Ruang inkubasi kultur merupakan ruangan untuk menyimpan tanaman yang telah di kultur. Ruangan ini untuk memelihara eksplan yang telah ditanam pada medium secara aseptis. Kultur yang telah berploriferasi dan bermultiplikasi umumnya disubkultur secara berkala tergantung pada tujuan dari kegiatan

Rungan ini diperuntukkan untuk menempat kan rak- rak yang berisi botol kultur. Botol kultur di tempatkan pada rak-rak terbuka dan bertingkat, setiap tingkat memiliki lampu fluorescent. Cahaya putih yang dihasilkan dari lampu fluorecent merupakan cahaya ideal untuk pertumbuhan kultur karena keseimbangan dari spektrum lampu fluorescent sangat efisien dalam penggunaan energi bila dibandingkan dengan lampu pijar. Untuk mendapatkan intensitas cahaya yang baik dari lampu fluorescent diatur dengan menempatkan beberapa lampu dengan kekuatan tertentu dengan jarak antara 40-50 cm dari wadah kultur pada luas

area tertentu agar mendapatkan intensitas cahaya sekitar 1000- 4000 lux. Lama penyinaran untuk morfogenesis umumnya memerlukan periode penyinaran selama 12-16 jam. Panjang penyinaran diatur dengan alat *automatic timer switch* atau *timer*. Temperatur ruang kultur untuk perbanyakan tanaman air umumnya yaitu antara 25-28° C.

Adapun alat-alat yang diperlukan didalam ruang inkubasi untuk perbanyakan tanaman air yaitu Rak-rak kultur lampu fluorescent untuk menempatkan wadah kultur. AC yang berfungsi untuk mengontrol suhu ruangan agar tetap stabil dan Timer yang berfungsi untuk mengatur lama penyinaran



Gambar 3. 7. Peralatan dan kondisi ruangan inkubasi

DAFTAR PUSTAKA

- Asmita, V., Gaikwad, S. K. Singh, R. Gilhotra. 2017. Plant Tissue Culture- A Review. *Journal of Pharmaceutical Research & Education*. 2(1); 217-220
- Corredoira, E., A. Ballester, M. Ibarra, A.M. Vieitez. 2015. Induction of somatic embryogenesis in explants of shoot cultures established from adult *Eucalyptus globulus* and *E. saligna* × *E. maidenii* trees. *Tree Physiology* 35:678–690.
- George, E. F., M. A. Hall, G.J. D. Klerk. 2008. *Plant Propagation by Tissue Culture*. 3rd Edition Volume 1. The Background. Published by Springer.
- Gunawan. L.W. 1995. *Teknik Kultur in vitro dalam Hortikultura*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hartmann, H.T., D. E. Kester, and F. T. Davies. 1990. *Plant Propagation and Principles Practices*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Haque, S. M., B. Ghosh. 2013. *In-vitro* completion of sexual life cycle: production of R1 plants of *Ipomoea quamoclit* L. *Propag. Ornam. Plants*, 13, 19–24.
- Kane, M. E., N. J. Philman, M. A. Jenks. 1994. A laboratory exercise to demonstrate direct and indirect shoot organogenesis using internodes of *Myriophyllum aquaticum*. *HortTech*. 4:317-32.
- Karyati, 2017. Pengaruh beberapa jenis sitokinin pada multiplikasi tunas anggrek vanda douglas secara *in vitro*. *J Bioteknol Biosains Indonesia*. 4(1):36-43
- Kasperbaur, M. J. 1992. Phytochrome Regulation and Morphogenesis in green Plant: from the beltville spectograph to colored mulch in the field photochem. *Photobiol*. 56:823-832.
- Kie³kowska, A., M. J. Havey. 2012. In-vitro flowering and production of viable pollen of cucumber. *Plant Cell Tissue Organ Cult*. 109: 73–82.
- Nugraha, M. F. I., R. Yunita, E. G. Lestari, I. Ardi. 2017. pembentukan *mother plant Bacopa australis* secara *in-vitro* pada berbagai dosis zat pengatur tumbuh dan media aklimatisasi. *Media Akuakultur*. 12 (2): 85-94
- Orcutt, D. M., E.T. Nilsen. 2000. *Physiology of Plants Under Stress. Soil and Biotic Factors*. John Willey and Sons, Inc. Canada
- Santoso, U., F. Nursandi. 2002. *Kultur Jaringan Tanaman*. UMM Pres. Malang.
- Smith, R. H. 2006. *Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments*. Third edition. Elsevier. 188 pp .
- Taji, A., P. Kumar, P. Laksshmanan. *In Vitro Plant Breeding*. Food Product Press. New York. 167 p.
- Tyas, K. N., S. Susanto, I. S. Dewi, N. Khumaida: 2016, Organogenesis tunas secara langsung pada pamelon (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.). *Buletin Kebun Raya* 19 (1):1-10
- Torres, K.C. 1989. *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Van Nostrand Reinhold. New York.

- Vargas, V. M . L, C D L Peña, R. M. G. Avalos, F. R. Q.Figueroa. 2008. Plant Tissue Culture. *Biologia Plantarum*. 19(6):875-904
- Walstad, D. 2003. Ecology of the planted aquarium. A practical manual and scientific treatise for the home aquarist. Nort carolina USA: Echinodorus publishing, Chapel Hill, 194 pp.
- Watimena, G. A., N. A. Mattjik, N.M.A. Wiendi, B. S. Purwoko, N. Khumaida. 2011. Bioteknologi dalam Pemuliaan tanaman. IPB Press. 267 Hal.
- Yunita, R., E. G. Lestari, Mastur, M. F. I. Nugraha, 2017. Perbanyak tanaman hias air *Bacopa australis* secara *in vitro* pada berbagai formulasi hormon media pertumbuhan. *Media Akuakultur*. 13 (2), 2018, 75-82.
- Zulkarnain, H. 2011. Kultur Jaringan Tanaman: Solusi perbanyak tanaman budi daya. Bumi Aksara, Jakarta.

DAFTAR ISTILAH

- Alat destilasi : Alat untuk pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan.
- Auksin : Salah satu golongan fitohormon baik yang alamiah ataupun sintetik yang umumnya menginduksi pemanjangan sel.
- Autoclave : Alat untuk mensterilisasi dengan sistem pemanasan dan tekanan tinggi dari uap.
- In vitro* : Dalam gelas. Kultur *in vitro* adalah suatu upaya untuk menumbuhkan bagian dari tanaman dalam wadah tembus cahaya pada media tertentu dalam kondisi aseptik.
- Juvenil : Waktu dalam suatu periode kehidupan tanaman sebelum terjadinya pembungaan dan pada fase tersebut pembungaan dapat diinduksi.
- Kontaminasi : Suatu kondisi dimana terjadinya pencampuran.
- Organogenesis : Proses pembentukan organ.
- Plantlet* : Tanaman yang sudah lengkap yang diperoleh dari kultur *in vitro*.
- Proses deferensiasi : Suatu proses perubahan dari suatu keadaan terdiferensiasi menjadi sel-sel tanpa bentuk dan memiliki fungsi yang berbeda.
- Sitokinin : sekelompok hormon tumbuhan dan zat pengatur tumbuh yang mendorong terjadinya pembelahan sel (sitokinesis) di jaringan meristematik.

BAB V.
**APLIKASI INDUKSI MUTASI DAN KULTUR *IN VITRO* UNTUK PERAKITAN
VARIETAS BARU TANAMAN HIAS AIR**

ENDANG GATI LESTARI

Editor Yadi Suryadi, M.Sc

PENDAHULUAN

Tanaman hias air dikenal juga dengan istilah *aquatic plants* merupakan tanaman yang dapat beradaptasi di dalam air. Tanaman air mempunyai struktur anatomi adanya aerencim di dalam daun, fungsi tanaman air adalah sebagai penghias aquarium maupun kolam, untuk mempercantik kolam atau aquarium sehingga memberi kesan alami, sebagai pembersih kolam kolam atau aquarium sehingga bermanfaat untuk ikan yang ada di dalamnya. Tanaman air di dalam aquarium juga berfungsi untuk menjaga agar mutu air aquarium tetap baik, karena jika tanaman airnya sehat maka mutu air juga dipastikan baik (Micheli et al , 2006). Tanaman air mampu menyerap kotoran ikan serta kotoran yang melayang di air, dengan diserapnya kotoran ikan maka kejernihan air dapat dipertahankan dengan baik lebih lama, pH air dapat stabil dan air tidak cepat kotor.

Tanaman di dalam aquarium jika hidup dengan baik akan menghasilkan oksigen pada waktu melakukan asimilasi dengan menyerap karbondioksida dan melepaskan oksigen ke lingkungan air dan membuat ikan-ikan menjadi nyaman dan sehat. Selain itu tanaman air juga sebagai tempat berlindung ikan-ikan baik dari ikan yang lebih besar ataupun dari cahaya luar yang berlebihan.

Beberapa tanaman air yang biasa dikembangkan sebagai tanaman hias untuk aquarium antara lain:

1. *Dwarf baby tears (Hemanthus caliltrichoides)* berasal dari cuba, tanaman hias air tersebut telah dikembangkan di Indonesia sejak tahun 2000.
2. *Hygrophyla polysperma*: sudah lama dikembangkan di Indonesia, tanaman ini tidak memerlukan intensitas cahaya yang tinggi
3. *Windelov (Microsorium pteropus)* paling cantik di dunia, bisa tumbuh tinggi sekitar 20 cm
4. *Java moss*: tanaman tersebut tidak memerlukan banyak CO₂ dan intensitas cahaya yang tinggi
5. *Monte carlo*: bila terkena cahaya yang kuat, maka kecepatan tumbuhnya semakin tinggi

6. *Bucephalandra black planton*: tanaman tersebut tidak memerlukan cahaya dan CO₂ yang tinggi
7. *Anubias coffeefolia*: tanaman ini tidak memerlukan cahaya terlalu banyak demikian pula dengan kebutuhan CO₂.

Kebutuhan tanaman air dengan penampilan lebih menarik dan hidup lebih lama di dalam air semakin meningkat dengan semakin berkembangnya pecinta aquaskape. Untuk memenuhi kebutuhan tanaman air yang kualitas dan warna serta bentuk lebih menarik perlu penelitian untuk perakitan varietas baru (Sahidin et al, 2011).

Teknik kultur jaringan dan induksi mutasi mempunyai peluang diaplikasikan untuk perakitan varietas untuk mendapatkan tanaman air dengan berbagai keunggulan seperti: warna serta bentuk pada daun dan bunga menjadi lebih menarik, daun dan batang menjadi lebih tebal, serta meningkatkan kemampuan beradaptasi pada berbagai lingkungan. Untuk mendapatkan tanaman hias air yang unggul, penampilan lebih menarik dapat dikembangkan menggunakan teknik mutasi dan kultur *in vitro* (Yamaguchi, 2018, Pechkong 2010, Sahidin et al, 2011).

Perakitan varietas baru yang dilakukan oleh pemulia tanaman antara lain melalui introduksi dan adaptasi atau persilangan antar dua tetua yang telah diketahui sifatnya, marka molekuler dan melalui induksi (Datta, 2012). Kendala utama dalam pemuliaan tanaman secara konvensional ialah terbatasnya sumber gen (*genetic resources*) yang dapat digunakan sebagai tetua dalam persilangan. Selain itu memerlukan waktu lama antara 10-15 tahun untuk menghasilkan varietas baru. Untuk mempercepat diperolehnya varian baru yang dikehendaki pemulia tanaman menggunakan teknik mutasi. Teknik mutasi untuk perakitan varietas baru pada tanaman hias telah lama dikembangkan untuk mendapatkan perubahan pada warna, bentuk dan ukuran pada bunga (Kharkwal et al, 2004; Raina et al, 2016). Sementara di Indonesia pemuliaan tanaman melalui mutasi masih tertinggal jauh dari negara-negara Asia lainnya seperti India, China, Jepang dan Thailand (Handayati, 2013). Perakitan tanaman hias air melalui mutasi telah dilakukan di berbagai negara seperti di Thailand, Malaysia dan....

Tujuan penulisan bunga rampai ini adalah untuk memberikan informasi tentang peluang pemanfaatan teknik mutasi dan kultur *in vitro* untuk perakitan varietas baru pada tanaman air, serta hasil-hasil yang telah diperoleh.

APLIKASI TEKNIK *IN VITRO* UNTUK PERBANYAKAN TANAMAN HIAS AIR

Teknik kultur *in vitro* dapat diaplikasikan untuk mendukung pemuliaan melalui induksi mutasi, dengan teknik *in vitro* maka perolehan hasil menjadi lebih cepat dan lebih efektif (Kharkwal et al. 2004; Lestari, 2012; Lestari, 2016). Melalui mutasi *in vitro* maka terjadinya kimera dapat dihindarkan, karena materi yang diberi perlakuan mutasi berukuran kecil berupa kumpulan sel atau bagian yang aktif membelah sehingga mutagen yang diberikan dapat langsung mengenai inti dari DNA. Kombinasi mutasi induksi dengan kultur *in vitro* merupakan teknologi yang sangat menguntungkan karena mutan yang dihasilkan dapat di perbanyak secara massal dalam waktu yang relatif singkat (Velmurugan et al, 2010)

Pembentukan keragaman di dalam populasi merupakan langkah awal bagi pemulia tanaman untuk mendapatkan karakter yang diinginkan, keragaman somaklonal yaitu terbentuknya tanaman baru yang tidak sama dengan induknya dapat diperoleh menggunakan teknik kultur jaringan, faktor faktor yang mempengaruhi terjadinya keragaman somaklonal antara lain fisiologi, genetik dan biokimia (Jayasankar, 2005). Perubahan genetik yang terjadi di dalam kultur jaringan disebut dengan mutasi somatik, perubahan terjadi karena dari sel itu sendiri yang mengalami perubahan. Sel yang telah mengalami perubahan mengalami pembelahan dan membentuk kumpulan sel yang berbeda dengan sel asalnya. Tanaman yang berasal dari sel-sel yang bermutasi tersebut akan membentuk tanaman yang merupakan klon baru yang berbeda dengan induknya. Tanaman yang baru ini bukan dari hasil rekombinan atau segregasi seperti pada hasil silangan (Mattjik, 2011). Pemicu mutasi pada kultur jaringan antara lain adanya cekaman, jaringan yang terluka, terpapar bahan sterilan selama sterilisasi, jaringan tidak lengkap (protoplas sebagai contoh ekstrem), ketidak seimbangan komponen media seperti konsentrasi zat pengatur tumbuh (auksin dan sitokinin), gula dari komposisi media, kondisi pencahayaan, hubungan yang terganggu antara kelembaban tinggi dan transpirasi (Smulders & de Klerk 2011).

Di dalam kultur jaringan, selama proses regenerasi di dalam kultur jaringan ada peluang terjadinya keragaman somaklonal, perubahan terjadi pada susunan kromosom yaitu terjadi delesi, duplikasi, inversi atau translokasi. Perubahan pada kromosom dapat terjadi karena penempatan heterokromatin yang terlambat sehingga mengakibatkan terjadinya keragaman genetik pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan kacang babi (*Vicia faba* L.). Elemen kompleks pada eksplan jaringan yang kemungkinan dapat mengubah ekspresi gen pada waktu terjadi regenerasi (Mattjik 2011). Faktor yang paling banyak menyebabkan

terjadinya keragaman somaklonal dalam kultur jaringan adalah penyimpangan biokimia (Jayasankar, 2005). Keragaman biokimia antara lain metabolisme karbon yang menyebabkan proses fotosintesis menjadi berkurang dan menyebabkan terbentuknya albino pada padi, biosintesa pati, lintasan karoten, metabolisme nitrogen dan resisten terhadap antibiotik (Jayasankar, 2005).

Perbanyakan tanaman hias air menggunakan kultur *in vitro* sangat diperlukan terutama pada tanaman yang kesulitan diperbanyak secara konvensional (Kam et al, 2016; Micheli et al. 2006; Yapabandara & Ranasinghe, 2016). *Aponogeton ulvaceus* merupakan tanaman hias air yang mempunyai nilai ekonomi penting selain sebagai pemanis aquarium juga berkasiat sebagai obat, perbanyakan tanaman secara konvensional pada tanaman tersebut menghadapi kesulitan sehingga perlu dikembangkan teknik *in vitro* untuk propagasinya (Kam et al, 2016). Berikut contoh tanaman hias air yang telah berhasil diperbanyak secara *in vitro* antara lain *Bacopa australis* (Yunita et al , 2018). Michel et al (2006) mendapatkan formulasi media untuk tiga spesies *Cryptocoryne* yaitu *Cryptocoryne beckettii*, *C. lutea* dan *R. Rotundifolia* menggunakan media dasar LS + 0,5 mg/l NAA dan BA (1-4 mg/l). Kane et al (1990) menggunakan media dasar LS + 2.0 μ M BA + 0.5 μ M NAA untuk micropropagasi *Cryptocoryne lucens*. Jenks et al (2000) berhasil membiakkan eksplan petiole dari tanaman air *Nymphoides indica* L. Thwaites O.Kuntze menggunakan zat pengatur tumbuh IAA atau NAA 0-25 μ M dikombinasikan dengan 2-iP, BA atau kinetin (0-25 μ M).

APLIKASI INDUKSI MUTASI PADA TANAMAN HIAS AIR

Konsep induksi mutasi untuk perbaikan tanaman mulai berkembang sejak abad ke-20. Mutasi untuk pemuliaan tanaman sangat efektif diaplikasikan pada tanaman yang tidak menghasilkan biji seperti tanaman hias, tanaman tersebut sebagian besar tidak menghasilkan biji sehingga tidak dapat disilangkan. Menggunakan teknik yang lain juga tidak mudah karena sumber gen yang diperlukan tidak tersedia di dalam gen pool yang ada (Khan *et al.* 2004; Oladosu et al. 2016; Ahloowalia et al. 2001; Broertjes *et al.* 1988).

Mutasi adalah proses untuk meningkatkan keragaman di dalam populasi sehingga tersedia materi untuk seleksi sesuai karakter yang diinginkan (Velmuragan et al, 2010). Variasi yang dihasilkan merupakan rekombinasi alel pada kromosom yang homolog.

Mutasi merupakan sumber utama dari semua variasi genetik yang ada pada organisme, termasuk tanaman (Kharkwal, 2012).

Klasifikasi tingkat mutasi

Mutasi dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat urutan DNA yang dipengaruhi oleh kejadian mutasi. Mutasi dapat terjadi pada skala kecil melibatkan satu atau beberapa nukleotida, atau mutasi berskala besar sehingga struktur kromosomnya mengalami perubahan. Perubahan DNA skala kecil digolongkan ke dalam mutasi titik, dikenal dengan istilah delesi sedangkan adanya sisipan disebut mutasi skala besar, termasuk inversi dan duplikasi gen.

Mutasi Titik

Mutasi titik disebut juga substitusi basa tunggal; melibatkan penggantian nukleotida tunggal dengan nukleotida yang berbeda. Mutasi titik merupakan kejadian yang paling umum. Mutasi titik dapat terjadi dalam dua cara yang berbeda, disebut sebagai transisi dan transversi. Transisi adalah peristiwa dimana purin diubah menjadi purin (A sampai G atau G ke A), atau pirimidin diubah menjadi pirimidin (T ke C atau C ke T). Transversi terjadi saat purin diubah menjadi pirimidin atau pirimidin dikonversi menjadi purin. Transisi terjadi lebih sering daripada transversi dalam peristiwa mutasi (Foster & Shu, 2012).

Penyimpangan

Seluruh segmen DNA beruntai ganda terdiri dari dua atau lebih pasangan basa menjadi dibalik disebut dengan mutasi inversi. Penataan ulang DNA jenis ini bisa terjadi karena adanya kerusakan kromosom kemudian bergabung kembali atau dengan rekombinasi terjadi antara segmen homolog dalam kromosom yang sama. Mungkin mutasi inversi sedikit atau tidak berpengaruh pada fenotipe organisme kecuali gen fungsional (atau beberapa gen) diubah (Costanzo & Jia, 2012).

Klasifikasi tingkat ploidi

Mutasi genom

Genom terdiri dari seperangkat kromosom dasar dan sering diberi simbol spesifik, spesies diploid diberi simbol ganda, mis. untuk jelai, *Hordeum vulgare* adalah HH. Jumlah simbol genom berkorelasi ke tingkat ploidy sehingga H, HH, HHH, dan HHHH, dll sesuai

dengan haploid, diploid, triploid, tetraploid, dll. Dalam contoh ini genom yang sama dikalikan untuk menghasilkan autopolids. Beberapa spesies polyploid terdiri dari genom yang berbeda dan dikenal sebagai allopoloid, misalnya gandum durum adalah tetraploid dengan dua genom diploid, AABB dan roti gandum adalah hexaploid dengan tiga genom diploid, AABBDD.

Mutasi kromosom

Kromosom adalah bagian yang menghubungkan gen secara bersamaan, kromosom memiliki dua lengan, panjangnya sama atau tidak dan menyatu di daerah centromere (lokasi untuk mengikat serat gelendong selama pembelahan sel mitosis dan meiosis), setiap spesies biasanya memiliki seperangkat kromosom standar dan ini dikenal sebagai pelengkap euploid.

Aneuploidi

Setiap perubahan dari pelengkap euploid normal disebut dengan istilah aneuploid mencakup penambahan dan / atau kehilangan satu atau lebih kromosom atau bagian kromosom. Duplikasi dan penghilangan, terutama kehilangan (atau sebagian dari) kromosom, tidak dapat ditoleransi oleh sebagian besar diploid. Beberapa diploid dapat mentoleransi kromosom tambahan, tetapi duplikasi ini sering hilang selama meiosis dan di generasi berikutnya aneuploid kembali ke euploidi. Translokasi, di mana sepotong kromosom dipindahkan pada kromosom yang sama (intrachromosomal) atau ditransfer ke yang lain (antar kromosom). Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut menghasilkan varian baru (Foster & Shu, 2012)

Di dalam proses pemuliaan melalui mutasi ada tiga tahapan yaitu (1) induksi pembentukan mutan, (2) seleksi mutan, dan (3) pelepasan varietas unggul baru. Seleksi dilakukan berdasarkan sifat yang diharapkan seperti berbunga lebih awal, warna bunga, bentuk bunga, atau resistant terhadap penyakit dibandingkan tipe liarnya serta produksi. Aplikasi pemuliaan tanaman melalui mutasi semakin berkembang, ditunjang dengan adanya teknik molekuler sebagai alat untuk deteksi dan skrening sehingga mempercepat perolehan hasil (Raina *et al* 2016).

Agen untuk pembentukan mutan

Mutagen adalah agent yang menyebabkan mutasi secara buatan, mutagen dikelompokkan menjadi dua yaitu mutagen fisik dan mutagen kimia (Acquaah, 2012).

Mutagen kimia antara lain Etilen Metan Sulfonat (EMS), dietil sulfat (DES), etilen imin (Ei), etil nitroso uretans (UNE) dan kolkisin, sedangkan yang termasuk mutagen fisik antara lain sinar x, sinar gamma, partikel alpha, partikel beta, proton, neutron dan ultraviolet.

Mutagen kimia

EMS (*Ethyl methansulfonat*) pada umumnya menyebabkan mutasi titik yaitu terjadinya delesi pasangan basa tertentu dalam kromosom. EMS merupakan senyawa alkali yang efektif sebagai mutagen untuk tanaman tingkat tinggi (Greene et al, 2003). Mutasi yang disebabkan oleh EMS dapat menghasilkan kodon *minsense* (kode untuk asam amino yang berbeda), silent (diam, tidak ada perubahan asam amino) dan *non sense* (kodon asam amino berubah), adanya perubahan pada segmen DNA maka menyebabkan perpasangan baru (Kodym & Afza, 2003; Kim et al, 2006). Perubahan segmen gen yang paling banyak terjadi adalah pada guanin (G) pada posisi 60-0, membentuk 0-6-ethylguanine, yang mana dapat berpasangan dengan thymine (T) demikian pula dengan cytosin (C) sehingga menyebabkan adanya ketidakcocokan pasangan basa. Dalam hal ini pada saat perpasangan DNA, C/G digantikan oleh A/T, yang terjadi pada perubahan nukleotida (99%) karena pengaruh EMS (Greene et al, 2003). Dalam struktur model DNA terdapat ikatan fosfat gula (-P-S-P-S-) sebagai tulang punggung dan ikatan adenin – timin (A-T) dan guanin-sitosin (G-S) sebagai rantai nukleotida. Akibat pemberian mutagen baik kimia atau fisik dapat menimbulkan kesalahan penerjemahan pada rantai nukleotida sehingga terjadinya mutasi. Akibat kesalahan penerjemahan pada rantai nukleotida, atau terjadinya pemutusan kromosom menyebabkan peningkatan keragaman genetik pada individu turunan.

Diantara mutagen kimia yang biasa digunakan adalah EMS, EMS banyak dimanfaatkan, karena mudah diperoleh, murah, dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Natarajan, 2005). Purnamaningsih & Hutami (2016) mendapatkan putatif mutan tanaman tebu toleran cekaman aluminium menggunakan mutagen kimia EMS. Perlakuan mutasi menggunakan EMS pada tanaman abaka oleh Purwati *et al.* (2008) menunjukkan adanya varian daun variegata terjadi karena mutasi gen tunggal dalam genom inti yang menyebabkan kelainan pada kloroplas, seperti degradasi protein tilakoid atau rusaknya plastid.

Mutagenesis kimia dapat dilakukan pada semua jenis bahan tanaman, dari keseluruhan tanaman (biasanya bibit), dan sel kultur *in vitro*. Namun demikian, bahan paling banyak yang biasa digunakan adalah biji. Beberapa bentuk propagul tanaman seperti umbi, rimpang dan eksplan yang digunakan untuk perbanyak vegetatif tanaman seperti stek vegetatif, atau

jaringan *in vitro* sebagai eksplan daun dan batang, antera, kalus, kultur sel, mikrospora, ovula, protoplas, dan sebagainya juga dapat digunakan (Leitão, 2012).

Mutagen fisik

Agen fisik yang menyebabkan kerusakan pada molekul DNA dari organisme hidup disebut sebagai mutagen fisik atau mutagenik (Mba et al, 2012). Mutagen fisik bersifat sebagai radiasi pengion (*ionizing radiation*) dan mampu menimbulkan ionisasi ketika melewati atau menembus materi yang diberi perlakuan radiasi, radiasi ionisasi juga menyebabkan adanya modifikasi pada basa dan menyebabkan kerusakan pada *single/double strand* DNA sehingga menyebabkan kerusakan oksidatif dan menyebabkan perubahan pada tingkat sel, genom, kromosom dan DNA (Morita et al, 2009). Diantara mutagen yang sering digunakan sinar x dan sinar gamma paling banyak digunakan dalam pemuliaan mutasi (Mba & Shu, 2012), karena memiliki energi dan daya tembus yang tinggi sehingga mampu meningkatkan variabilitas genetik tanaman (Al-Safadi et al, 2000).

Radiasi ionisasi menyebabkan kerusakan secara biologi sehingga menghasilkan purin atau pirimidin dimers, karena adanya mutasi titik pada DNA (Esnault et al, 2010; Pathirana, 2011; Lagoda, 2012) sehingga menyebabkan terjadinya delesi, adanya mutasi titik menyebabkan kerusakan pada *single/double strand* DNA serta terjadinya delesi pada kromosom (Parry et al, 2009). Faktor yang mempengaruhi pembentukan mutan antara lain, kandungan air di dalam jaringan, dosis mutagen yang diberikan dan temperatur saat perlakuan, serta dosis dan waktu pemberian mutagen (Mba et al, 2010; Parry et al, 2009). Ahloowalia et al (2004), menyatakan bahwa penggunaan teknik radiasi sangat efektif untuk menghasilkan mutan dengan sifat baru seperti produksi meningkat, tanaman menjadi toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik serta meningkat kualitasnya.

Dosis yang tepat untuk induksi mutasi tergantung respon dari spesies atau varietas yang digunakan, untuk menentukan dosis yang tepat sebaiknya dilakukan penelitian pendahuluan, untuk mendapatkan hasil yang optimal maka jumlah eksplan yang diberi perlakuan harus sebanyak-banyaknya demikian pula perlakuan yang diberikan (Parry et al, 2009).

Keberhasilan program mutagenesis tergantung pada (1) kemampuan regenerasi yang tinggi pada materi yang diberi perlakuan mutasi, (2) jenis dan konsentrasi serta dosis mutagen yang digunakan, (3) efisiensi metoda screening/seleksi terhadap populasi mutan (Jain, 2007; Xu et al 2012), serta (4) proses pengidentifikasian individu-individu pada target mutasi dan

konfirmasi untuk memastikan adanya mutan (Foster, 2012). Bahan atau materi yang dapat digunakan sebagai eksplan untuk diberi perlakuan mutasi, tergantung dari jenis tanamannya dapat berupa biji, kalus atau biakan *in vitro* seperti tunas pucuk atau kecambah *in vitro* (Wani et al, 2014; Kulkami et al, 1997). Sebanyak 64% dari 1586 varietas yang dilepas sejak tahun 1985 berasal dari perlakuan menggunakan sinar gamma (Maluszynski et al, 2000). Aplikasi radiasi menggunakan sinar gamma telah digunakan untuk perakitan varietas baru pada berbagai tanaman, sebanyak 89% dari total varietas hasil mutasi menggunakan teknik radiasi, sebanyak 64% nya menggunakan sinar gamma (Nichterlein et al, 2000).

Dosis untuk perlakuan radiasi dan EMS

Respon tanaman terhadap efek iradiasi sinar gamma, selain dipengaruhi oleh jenis eksplan yang digunakan juga tergantung dari laju dosis iradiasi yang digunakan (Parry et al, 2009). Dosis untuk sinar gamma adalah kilo Roentgen (kR) (1 kR = 1000 rads), 1 Gy = 100 rad. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk terbentuknya tunas baru dari eksplan yang telah diberi perlakuan radiasi memerlukan waktu cukup lama, perlakuan radiasi yang diberikan pada umumnya menurunkan kemampuan pertumbuhan ke arah tinggi dan luas daun. Demikian pula perlakuan EMS, peningkatan konsentrasi mutagen yang diberikan menunjukkan adanya penurunan kemampuan pertumbuhan, dengan perlakuan EMS atau mutagen fisik yang terlalu tinggi akan menyebabkan pertumbuhan menjadi abnormal karena tingkat kerusakan pada kromosom yang tinggi namun peluang terbentuknya mutan yang diharapkan lebih besar peluangnya (Parry et al, 2009).

Perlakuan mutasi menggunakan irradiasi atau mutagen EMS, umumnya menggunakan LD₅₀ (yaitu dosis yang menyebabkan 50% dari eksplan yang diberi perlakuan mutagen mengalami kematian). Beberapa peneliti menggunakan LD₈₀ pada dosis di mana hanya 20 % dari eksplan yang digunakan tetap hidup. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian mutagen pada kisaran LD₅₀, menghasilkan mutan terbanyak (Datta, 2001). LD₅₀ digunakan untuk mengukur sensitivitas jaringan terhadap radiasi, atau dikenal dengan istilah radio sensitivitas. Pada kisaran LD₅₀ tersebut akan diperoleh keragaman genetik optimum (Chay et al, 2004). Semakin tinggi dosis yang diberikan maka persentase eksplan yang tetap tumbuh akan menurun (Velmurugan et al, 2010). Dao et al (2006) mendapatkan LD₅₀ pada tanaman krisan sebesar 5,0 kR untuk eksplan kalus, 10 hari setelah perlakuan maka kalus yang diberi perlakuan radiasi dengan dosis 1,0 dan 3,0 kR masih berwarna hijau dan embrionik sedangkan yang diberi perlakuan radiasi dengan dosis lebih tinggi berubah warna menjadi coklat. Pada tanaman yang diberi perlakuan radiasi dengan dosis rendah yaitu 1,0-

3,0 kR, menghasilkan tingkat keberhasilan regenerasi yang tinggi yaitu 97,5% dan 90 %, sedangkan yang diberi perlakuan radiasi dengan dosis lebih tinggi yaitu 3,0 kR dan 5,0 kR hanya 75 dan 20% yang tetap hidup.

Putatif mutan yang dihasilkan dapat menunjukkan efek besar atau kecil terhadap sifat fenotipe, bergantung pada gen yang mengalami mutasi. Banyak mutasi yang menyebabkan kerusakan sehingga menyebabkan suatu organisme menjadi kurang beradaptasi terhadap lingkungannya dan beberapa mutan yang dihasilkan menjadi letal. Namun demikian pada kondisi pemberian mutagen yang tepat dapat menghasilkan genotipe baru yang bermanfaat (Nur & Syahrudin, 2016).

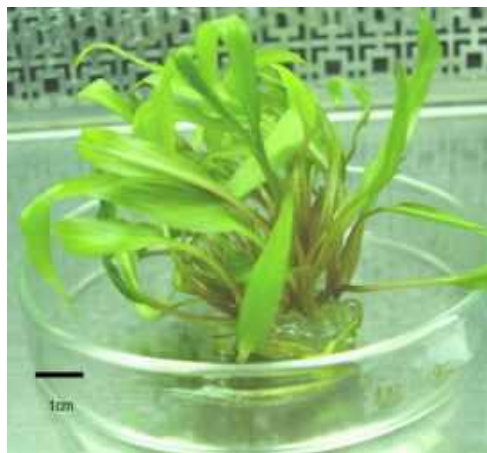
Perubahan yang terjadi karena pengaruh induksi mutasi antara lain pada, karakter agronomi, kualitas, kandungan nutrisi, potensi hasil, resistensi terhadap faktor biotik dan toleransi terhadap cekaman abiotik (Jancovicz-Cieslak et al, 2017). Pada tanaman anggur yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma 5-7 Gy mengalami peningkatan panjang tunas dan akar serta jumlah akar (Charbaji dan Nabuli, 1999).

Penggunaan mutagen kimia EMS 0,77% pada krisan melalui perendaman menghasilkan bunga pita berbentuk tunggal dengan variasi jarum, dan berbentuk tunggal dengan variasi dayung. Romeida (2012) mendapatkan 9 mutan berdasarkan perbedaan bentuk dan warna bunga yaitu *pink-kuning*, *pink* sangat muda, kuning muda bintik-bintik *pink-fanta*, kuning cerah. Perubahan petal menjadi lebih muda, perubahan bentuk mahkota menjadi bergelombang serta terjadi penyatuan sepal lateral, semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma yang diberikan maka perubahan warna bunga semakin berkurang.

Seleksi pada populasi hasil induksi mutasi

Seleksi pada populasi mutan, diperlukan untuk mendapatkan karakter yang diinginkan, perubahan pada mutan yang sering terjadi antara lain: tanaman menjadi lebih pendek, warna bunga berubah demikian pula bentuk buah serta ukuran biji, pada tanaman sereal yang umum terjadi adalah pada warna daun, tinggi tanaman, sterilitas dan pertumbuhan. Keragaman warna bunga pada tanaman krisan dan mawar hasil mutasi dapat diamati pada populasi MV3 setelah perlakuan iradiasi menggunakan sinar gamma (Handayati, 2013). Selain perubahan pada warna bunga maka terjadi juga pada morfologi daun yaitu berbentuk hati dan variegata. Seleksi pada populasi mutan dapat dilakukan pada generasi ke-3 (M3) karena pada generasi ke-2 (M2) tingkat segregasinya sangat tinggi.

Varietas baru bunga mawar dengan nama Rosma telah berhasil diperoleh dari varietas Pertiwi hasil perlakuan iradiasi menggunakan sinar gamma dengan dosis 30 Gy kemudian diseleksi pada MV5. Pada tanaman hias krisan telah berhasil di lepas sebanyak 8 varietas baru salah satu diantaranya adalah varietas Mustika Kaniya hasil teknik mutasi iradiasi. Perbedaan penampilan dan warna bunga mutan Mustika Kania dengan tanaman asalnya Jaguar Red, antara lain memiliki tipe bunga standar dapat digunakan sebagai bunga potong dan bunga dalam pot, petal bunga berwarna ungu muda tanpa memiliki bunga tabung (Handayati, 2013). Barakat *et al* (2010) menggunakan iradiasi untuk mendapatkan tanaman baru dengan bentuk atau warna yang telah berubah pada *Dendranthema*. Tahun 2004. India telah melepas 46 kultivar tanaman krisan hasil mutasi dan telah dikomersialkan (Chopra, 2005). Chrysantemum adalah bunga potong yang diperdagangkan di dunia global terbesar kedua setelah mawar. Krisan merupakan tanaman poliploid dengan heterogenesis genetik tinggi, sehingga mutan dengan warna bunga lebih menarik, bentuk lebih unik serta ukuran menjadi lebih ideal sering ditemukan (Kumar et al, 2012). Pechkong et al (2011) melakukan induksi mutasi pada *Cryptocoryne cordata* menggunakan sinar gamma. Varietas baru pada tanaman hias air *Cryptocoryne willisii* telah diperoleh menggunakan iradiasi sinar gamma 25 Gy, menghasilkan tanaman menjadi lebih pendek dibanding tetuanya dan tanaman tumbuh tinggi dengan adanya pigmen pada daun (Sahidin et al, 2011).



a. Tanaman tetuanya: *Cryptocoryne willisii* (non mutan)



b. Bentuk hasil mutasi. Tanaman tampak lebih pendek dibanding tetuanya (tanaman hias air



c. Bentuk hasil mutase. Tanaman berwarna brownish dan lebih tinggi dibanding tetuanya.

Sumber: Sahidin et al. 2011

Gambar 4.1. Tanaman air sebelum mutase dan hasil setelah mutasi

Terlihat dari gambar 4.1, gambar a adalah tanaman normal yang disebut tetua, tanaman b dan c adalah beberapa bentuk variasi mutasi yang terjadi. Mutasi terjadi secara acak dan tidak menentu. Variasi dan ekspresi fenotipe yang dihasilkan juga beragam tergantung pada bagian mana dalam struktur DNA genom tanaman air mutase tersebut terjadi.

KESIMPULAN

Perakitan varietas baru pada tanaman hias menggunakan mutagen kimia (EMS) dan mutagen fisika (iradiasi sinar gamma) telah menghasilkan berbagai varietas unggul tanaman hias dengan karakter baru seperti warna menjadi lebih menarik, bentuk dan ukuran menjadi lebih eksklusif. Teknik kultur *in vitro* untuk pembentukan mutan dikombinasikan dengan induksi mutasi dapat mempercepat diperolehnya mutan yang diharapkan. Perakitan varietas baru menggunakan teknik mutasi dan kultur *in vitro* pada tanaman air diharapkan dapat diperoleh hasil dalam waktu yang singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. (2012). Principles of plant genetics and breeding: Second Edition. p.1–740. John Wiley & Sons, Ltd. Published.
- Al-Safadi, B., Ayyoubi, Z & D.Jawdat.(2000). The effect of gamma irradiation on potato microtuber production *in vitro*. Plant Cell Tiss. Org. Cult.,61:183-187.
- Barakat, M.N., Rania S., Abdel Fattah., Badr, M & El-Torky, M.G. (2010). *In vitro* mutagenesis and identification of new variants via RAPD markers for improving *Chrysanthemum morifolium*).African Journal of Agric Research. 5(8):748-757.
- Broertjes. C., Van Harten. A.M. (1988). Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. Developments in crop science. Amsterdam: Elsevier Publ.12: 197-204.
- Chay,M.A.K.,Ho.,Y.W.,Liew,K.W& Asif.J.M. (2004). Biotechnology and *in vitro* Mutagenesis for Banana Improvement. In J.M.Jain and R.Swennen (Eds.),p. 59-77.Banana Improvement Celular, Molecular Biology, and Induced Mutation. Science Publisher. Inc.
- Costanzo, S.L & Jia, Y. (2012). The Structure and Regulation of Genes and Consequences of Genetic Mutations P31-46 In Q.Y. Shu, B.P.Forster, H.Nakagawa (Eds). Plant mutation breeding and biotechnology.IAEA. Joint FAO/IAEA program. Dao,T.B., Nguyen, P.D.,Do.Q.M.,Le,T.K.L.,Nguyen, H.D.,Nguyen,X.L.(2006).*In vitro* mutagenesis of *Chrysanthemum* for Breeding.Plant Mutation Rep. 1(2): 26-27
- Datta, S. K. (2012). Success Story of Induced Mutagenesis for Development of New Ornamental Varieties. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*, 6(1), 15–26.
- Datta, S.K. (2001). Mutation Studies on Garden *Chrysanthemum*. A Review. Sci. Hort. 7: 159 -199.
- Esnault, M.A., Legue, F & Chenal, C. (2010). Ionizing Radiation:Advances in plant response. Environmental and Experimental Botany. 68: 231-237.
- Foster. B.P & Shu. Q.S. 2012. Plant Mutagenesis in Crop Improvement. Basic Terms and Aplications. P. 9-20. In Q.Y.Shu., B.P.Foster, H.Nakagawa (Eds.).Plant Mutation Breeding&Biotechnoloy. Plant Breeding and Genetics Section Joint FAO/IAEA Vienna.Austria
- Greene. E.A., Codomo.C.A., Taylor,N.E., Henikoff. J.G., Till. B.J., McCallum. C.M., Comai. L, Henikoff.S. (2003). Spectrum of chemically induced mutations from a large-scale reverse-genetic screen in Arabidopsis. Genetics 164 (2):731–740.
- Handayati. W. (2013). Perkembangan Pemuliaan Mutasi Tanaman Hias Di Indonesia. Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi. 9(1): 67-80.
- Jain.S.M.(2007). Recent Advances In Plant Tissue Culture And Mutagenesis. Acta Hort 736:205–211
- Jayasankar. S.(2005). Variation in tissue culture. p. 301-309. In. R.N.Trigano & D.J. Gray (Eds.).Plant Developpment and Biotechnology CRC Press.LLC, 2000 New York
- Jenks. M.A. , Kane.M.E., & McConnell. D.B.(2000). Shoot organogenesis from petiole explants in the aquatic plant *Nymphoides indica*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 63: 1-8

- Kam, M.Y.L., Chai, L.C & Chin C.F. (2018). The biology and *in vitro* propagation of the ornamental aquatic plant, *Aponogeton ulvaceus*. SpringerPlus 5 (1): 1-11
- Kane, M.E., Gilman E.F., Jenks, M.A & Sheehan T.J. (1990). Micropropagation of the Aquatic Plant *Cryptocoryne lucens*. HortScience 25 (6) 687-689.
- Khan. S & Wani. MR. (2006). MMS and SA induced genetic variability for quantitative traits in mungbean. Indian Journal of Pulses Research. 19 (1):50-52
- Kharkwal, M.C., Panday. R.M. & Pawar. S.E. (2004). Mutation breeding in crop improvement. *In*: H.K. Jam and M.C. Kharkwal (Eds.). Plant breeding-mendelian to molecular approach. p. 601-645 New Delhi: Narosa Publishing House.
- Kharkwal. M.C. (2012). A brief history of plant mutagenesis . p 21-30. In Q.Y. Shu, B.P.Forster, H.Nakagawa (Eds). Plant mutation breeding and biotechnology.IAEA. Joint FAO/IAEA program
- Kim. Y., Schumaker, K. S., Zhu, J. K. (2006). EMS mutagenesis of Arabidopsis. In: J. Salinas and J. J. Sanchez-Serrano (Eds). Methods in molecular biology, Arabidopsis protocols, Second Edition, Vol. 323:101-103, Humana Press Inc., Totowa, NJ.
- Kodym. A, & Afza. R. (2003). Physical and chemical mutagenesis. Methods Mol Biol 236:189–204.
- Kumar, B., Kumar,S & Thakur,M. (2012). *In vitro* Mutation Induction And Selection of Chrysanthemum (*Dendranthema Grandiflora* Tzelev) Lines with Improved Resistance to Septoria Obesa Syd. International Journal of Plant Research 2(4):103-107.
- Lagoda. P.J.L.(2012).Effects of radiation on living cells and plants. p.123–134. In:Q.Y. Shu.,B.F. Forster & H.Nakagawa (Eds).Plant mutation breeding and biotechnology. CABI/FAO, Oxfordshire,UK/Rome
- Leitão. J.M. (2012). Chemical Mutagenesis. p. 135-158. *In* Q.Y. Shu, B.P.Forster& H.Nakagawa (Eds.) Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Joint FAO/IAEA Programe. Vienna, Austria.
- Lestari,E.G.(2012).Combination of somaclonal variation and mutagenesis for crop improvement. AgroBiogen. 8(1): 34-44.
- Lestari,E.G.(2016). Pemuliaan tanaman melalui induksi mutasi dan kultur *in vitro*.IAARD Press. 58 p.
- Maluszynski, M.,Nichterlein, K.,Van Zanten. L & Ahloowalia, B. (2000). Officially released mutant varieties - The FAO/IAEA Database”. Mutation breeding review. 12:1-84.
- Mattjik, N.A. (2011). Keragaman somaklonal p. 159-188. In G.A. Wattimena., A.M. Nurhayati., N.M.Armini., A Purwito., D Efendi., B.S.Purwito dan N. Khumaida (Eds.) Bioteknologi Dalam Pemuliaan Tanaman. Faperta IPB Bogor.
- Mba, C ., Afzaa R. & Shu. Q.Y.(2012). Mutagenic Radiations: X-Rays, Ionizing Particles and Ultraviolet. p.83-90.*In* Q.Y.Shu,B.P.Forster & H.Nakagawa (Eds.) Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Joint FAO/IAEA Programe. Vienna, Austria.
- Mba. C. & Shu. Q.Y. (2012). Gamma Irradiation p. 90-97. *In* Shu and Forster (Eds.) Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Joint FAO/IAEA Programe. Vienna, Austria.
- Mba. C., Afza. R., Bado. S, Jain. S.M. (2010). Induced mutagenesis in plants using physical and chemical agents. p 111-129. In: M.R. Davey & P. Anthony (Eds). Plant Cell Culture, Essential Methods. Wiley-Blackwell.

- Mitheli, M., Gasperis A.De., Prosperi F., Standardi A. (2006). Mmicropropagation of Tree Species of Aquatic Plants Agr .Med. xxx,xxx-xxx (1-6).
- Morita. R., Kusaba. M., Iida. S., Yamaguchi. H., Nishio. T.,Nishimura. M.(2009).Molecular characterization of mutations induced by gamma irradiation in rice. Genes Genet Sys 84: 361–370.
- Natarajan, A.T. (2005). Chemical mutagenesis from plants to human. Curr. Sci. 89:312-317.
- Nichterlein. K., Maluszynski, M., Bohlmann, H., Nielen. S. (2000). Achievemenst and trands of using induced mutation in crop improvement. In Proc., DAE-BRNS Symposium on Use of Nuclear and Molecular Techniques in Crop improvement. B.A.R.C. Mumbai.India.
- Nur, A & Syahrudin. K (2016). Aplikasi Teknologi mutasi pembentukan gandum tropis. p185-202. Dalam H. Praptana & Hermanto (Eds). Gandum: Peluang Pengembangan di Indonesia. IAARD Pres
- Oladosu, Y., Rafii. M.Y., Abdullah.N., Hussin. G, Ramli.A., Rahim.H.S., Miah. G & Usman. M. (2016). Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: *a review Biotechnology & Biotechnological Equipemnt. 30 (1):1-16.*
- Parry, MAJ., Madgwick, P.J., Bayon, C. Tearall K., Hernandez-Lopez, A., Baudo M., Rakszegi M., Hamada, W., Al-Yassin, A., Ouabbou, H., Labhilili M & Phillips, A.L. (2009). Mutation discovery for crop improvement Journal of Experimental Botany, 60 10 (1):2817–2825.
- Peckhong.S., Sumanojitrapon .S., Makkasap. C (2011). Induced mutation in aquatic plant *Cryptocoryne cordata* bu gamma radiation. Tecncial paper no 3/2010. Aquatic Animal Genetics research and Dev Inst Rep of Fisheries. Ministry of Agriculture and Cooperatives 24.p
- Purnamaningsih. R & Hutami.S.(2016). Increasing Al-tolerance of sugarcane using ethyl methane sulphonate and *in vitro* selection in the Low ph media. Hayati Journal of Bioscience 23(1):1-6
- Purwati, R.D, Sudjindro, E.Kartini & Sudarsono. (2008). Keragaman genetika varian abaka yang diinduksi dengan Ethyl methane Sulphonate (EMS). J. Littri 4(1): 16-24.
- Raina. A., Laskar. R.A.,S, Khursheed., R. Amin., Tantray.Y. R., Parveen. K. & Khan.S. (2016). Role of mutation breeding in crop improvement- past, Present and Future. Asian Research Journal of Agriculture. 2(2):1-13.
- Romeida, A. (2012). Teknik mutasi dengan iradiasi sinar gamma untuk pengembangan klon unggul anggrek *Spathoglottis plicata* Blume aksesori Bengkulu. Disertasi.Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. 150 hal
- Sahidin, N , Wahid, N.A., Yasmin. R.Y, Othman & Khalid. N. (2011). Induced *in vitro* Mutagenesis of Aquatic Plant *Cryptocoryne willisii* Engler ex Baum Using Gamma Irradiation to Develop New Varieties . Malaysian Fisheries Journal 10, 93-104
- Smulders, M.J., & De Klerk, G.J.(2011). Epigenetics in plant tissue culture. Plant Growth Regul. 63:137–146
- Wani.M.R., Kozgar. M.I., Khan. S.,Ahanger. M.A & Ahmad. P. (2014). Induced mutagenesis for the improvement of pulse crops with special reference to mung bean.Vol 1.p 247-288.In P.Ahmad., M.R. Wani.,M.M. A.Zooz.,Lam-Son. P.Tran (Eds.).Improvement of crops in the era of climatic changes.Springer New York. A Review update.

- Yamaguchi . H (2018). Mutation Breeding of Ornamental Plants Using Ion Beams. Review. Breeding Science 68,71-78.
- Yapabandara, Y.M.H.B & Ranasinghe. P (2006) Tissue culture for Mass Production of Aquatic plants Spesies. https://www.researchgate.net/publication/265575808_Tissue_culture_for_mass_production_of_aquatic_plant_species diakses 17 Desember 2018
- Yunita. R., Lestari. E.G, Mastur & Nugraha. M.F.I. 2018. Perbanyak Tanaman Hias Air *Bacopa Australis* Secara *In Vitro* pada Berbagai Formulasi Hormon Media Pertumbuhan. *Media Akuakultur*, 13 (2), 2018, 75-82

DAFTAR ISTILAH

Aneuploid	: ialah perubahan jumlah kromosom, penyebabnya anafase lag (peristiwa tidak melekatnya benang-benang spindel ke sentromer) dan non disjunction (gagal berpisah).
DNA	: Asam nukleat utama penyusun organisme
Diploid	: Dua set kromosom
Duplikasi	: Kejadian bergandanya suatu daerah bagian dari DNA yang mengandung gen
Delesi	: Hilangnya sebagian segmen kromosom yang mengandung gen karena patah.
Euploidi	: perubahan berupa pengurangan maupun penambahan perangkat dalam genom
Inversi	: Peristiwa perubahan urutan lokus (gen) terbalik atau berpindah sebagai akibat dari kromosom yang terpilin sehingga menyebabkan terjadinya penyisipan gen-gen pada lokus dengan urutan yang berbeda dengan sebelumnya
Kromosom	: suatu badan yang didalamnya banyak mengandung gen
Mutan	Individu yang mengalami perubahan fenotipe akibat mutasi.
Mutasi	perubahan yang terjadi pada bahan genetic (DNA) maupun RNA baik pada urutan gen (disebut mutasi titik) maupun pada mutasi kromosom
Mutasi kromosom	: perubahan pada susunan dan struktur kromosom
Poliploidi	: Satuan banyaknya genom (himpunan kromosom) dasar yang dimiliki oleh sel makhluk hidup.
Radiasi	: pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya dari sumber radiasi.
Translokasi	: Mutasi yang terjadi akibat perpindahan ruas DNA (segmen kromosom) ke tempat yang baru, baik dalam satu kromosom atau antar kromosom.
Variasi somaklonal	: Keragaman genetik yang dihasilkan melalui kultur jaringan.

BAB VI. EPILOG

Tingginya biodiversitas tanaman air dan besarnya manfaat tanaman air bagi perairan, memberikan kesadaran pada kita bahwa, segala hal yang di ciptakan oleh Sang Maha pencipta, memiliki nilai dan fungsi serta manfaat untuk kehidupan manusia. Besarnya manfaat tanaman air untuk perairan dan tingginya biodiversitas tanaman air ini menjadikan riset tanaman air ini penting. Potensi dan aktualisasi pencarian spesies tanaman air serta pemanfaatannya untuk kehidupan manusia harus fokus dilakukan. Fungsi tanaman air tidak hanya sebagai hiasan akurium tetapi juga sebagai penghilang amoniak dalam wadah budidaya ikan, pelindung ikan dengan mengeluarkan logam berat dari air, Sebagai chelator (Penyaring) cemaran di perairan, Kontrol alga, Penyeimbang ekosistem perairan, Sebagai Kontrol Logam berat, Tanaman Air meningkatkan serapan Karbon dioksida, penyeimbang dalam akuarium dan sebagai hiasan akuarium.

Perbanyakan tanaman air telah dilakukan oleh petani pembudidaya, guna memenuhi keinginan pasar dan hobiis tanaman hias air dan ikan hias. Pembudidaya tanaman hias air di kawasan Jabodetabek banyak terdapat di daerah bogor Jawa Barat di daerah ketinggian dengan aliran air yang deras seperti gunung bundar desa Cisalada dan kampung sawah. Beragam jenis tanaman hias air di budidayakan dan kemudian di jual di pasar nasional maupun internasional. Pembudidaya ini telah melakuka perbanyaka tanaman hais air secara konvensional. Seiring dengan kemajuan teknologi dan besarnya kebutuhan pasar dalam dan luar negri terhadap tanaman hias air, maka dilakukan sebuah penelitian secara Bioteknologi dengan memanfaatkan sifat totipotensi sel, melalui perbanyakan in-vitro. Manfaat besar dari perbanyakan in-vitro ini antara lain dapat memeperbanyak tanaman air tanpa habitat asli dan dapat di perbanyak sesuai keinginan atau kuota pemesana dari pasar tanaman hias air, pertumbuhan seragam, tidak memerlukan pemupukan dan bebas ahama penyakit. Selain itu dengan Bioteknologi kultur jaringan / perbanyakan in-vitro perakitan sifat unggul dan pembuatan strain baru dilakukan dengan melalui teknologi mutasi. Mutas dapat dilakukan dengan berbagai cara, secara alami, penyinasran dan bahan kimia. Tujuan dari perakitan jenis baru melalui mutasi adalah untuk mendapatkan variasi dari bentuk dan warna baru dari tanaman hias air potensial dan memiliki harga pasar yang tinggi.

Buku perdana tanaman air merupakan langkah awal dalam ilmu pengetahuan dan biodiversitas akuatik, khususnya tanaman air.

PROFIL PENULIS



Dr. MEDIA FITRI ISMA NUGRAHA, SP. M.Si, lahir di Padang 9 September 1979. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Jurusan Pemuliaan tanaman tahun 2002, Pendidikan master (S2) diselesaikan di Program Bioteknologi IPB selesai tahun 2005. Pendidikan doctoral ditempuh pada 2 universitas yang berbeda dengan beasiswa dari Pemerintah Perancis melalui Bourse Gouvernement France (BGF) yaitu Universite de Montpellier jurusan evolution ecologie, ressources genetiques dan paleotologie. Pendidikan doctoral kedua diselesaikan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor (IPB) jurusan akuakultur tahun tahun 2015 dengan beasiswa dari L'institute de recherche pour le Développement (IRD) France.

Penulis adalah peneliti bidang genetika dan biologi molekuler dengan object Biota air khusus tanaman air dan ikan hias di Balai Riset Budidaya Ikan Hias – Badan Riset dan Sumberdaya Manusia – Kementerian Kelautan dan Perikanan. Penulis mendapat penghargaan presiden RI anugrah satya lencana Wirakarya tahun 2016. Dan mendapatkan penghargaan publikasi ilmiah dari LPDP – Kementerian keuangan tahun 2016. Selama menjalani karir penulis mendapatkan dana riset untuk Riset Tanaman Air endemic Sulawesi dari Insinas Kemenristek Dikti tahun 2017 dan 2018. Penulis adalah ketua dalam ekspedisi tanaman air endemik Sulawesi. Penulis penemu 8 spesies baru ikan hias rainbowfish atau ikan pelangi dari wilayah papua Barat yang dipublish dalam jurnal ilmiah internasional tahun 2015. Penulis juga membimbing mahasiswa dari beberapa perguruan tinggi negeri dan swasta.



Dr. MUHAMMAD YAMIN, SP. M.Si, lahir di Kendari, 30 Oktober 1972. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Fakultas Pertanian Universitas Tadulako tahun 1998, Pendidikan master (S2) diselesaikan di Program Bioteknologi Institute Pertanian Bogor (IPB) selesai tahun 2004. Pendidikan doctoral diselesaikan pada Jurusan Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor tahun 2017. Pada tahun 2008-2009 peneliti mengikuti One year advanced training on Industrial Biotechnology di German yang dibiayai oleh InWEnt and Helmholtz Zentrum fur Infectionforschung.

Pada tahun 2010 penulis berkarir ke Balai Riset Budidaya Ikan Hias (BRBIH) dan bergabung dalam kelompok peneliti bidang Lingkungan dan Teknologi Budidaya Akuakultur. Sejak Tahun 2011 – 2016 penulis menjadi penanggung jawab riset tanaman hias air di BRBIH. Pada Tahun 2018 penulis menjadi Ketua Kelompok Peneliti Bidang Lingkungan dan Sistem Teknologi Akuakultur (Kelti Lingsistek) di BRBIH Penulis mendapat penghargaan presiden RI anugrah satya lencana Wirakarya tahun 2016. Penulis juga membimbing mahasiswa dari beberapa perguruan tinggi negeri dan swasta.



Dr. ROSSA YUNITA, SP. M.Si, lahir di Jakarta pada tanggal 20 Juni 1977. Penulis adalah Peneliti Madya di Bali Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Saat ini penulis menekuni bidang kultur sel dan jaringan. Hasil penelitian yang telah dilakukan diantaranya yaitu teknik mikropropagasi pada berbagai tanaman perkebunan dan tanaman hortikultura, serta perakitan varietas unggul dengan menggunakan teknik mutasi dan seleksi *in vitro* pada tanaman padi, dan sorgum.



Prof. Dr. Ir. ENDANG GATI LESTARI, M.Si, adalah Peneliti Utama di Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Saat ini bekerja di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian di bidang Kultur sel dan jaringan. Hasil penelitian yang telah diperoleh antara lain teknik mikropropagasi pada berbagai tanaman industri, tanaman obat dan tanaman hortikultura serta perakitan varietas unggul menggunakan teknik mutasi dan kultur *in vitro* pada tanaman padi, kedelai, pisang, nilam, gandum dan sorgum.



AMaFRaD PRESS

Diterbitkan oleh:
AMaFRaD Press

Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III, Lantai 6,
Jl. Medan Merdeka Timur No.16, Jakarta Pusat 10110.
Telp. (021) 3513300, Fax (021) 3513287
NO Anggota IKAPI: 501/DKI/2014

P-ISBN 978-602-5791-44-4



9 786025 791444

e-ISBN 978-602-5791-45-1



9 786025 791451