

# Tumbuhan Air Berpotensi sebagai Fitoremediator di Waduk Darma Kuningan

Nurdin<sup>1\*</sup>, Agus Yadi Ismail<sup>2</sup>, Dede Kosasih<sup>2</sup>, Deni<sup>2</sup>, dan Nina Herlina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Ilmu Lingkungan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Universitas Kuningan; e-mail: [nurdin@uniku.ac.id](mailto:nurdin@uniku.ac.id)

<sup>2</sup>Prodi Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Universitas Kuningan

## ABSTRAK

Tumbuhan air merupakan bagian penting dari ekosistem perairan yang terbentuk dari adaptasi morfologi dan fisiologi sehingga tercipta pola hidup yang muncul di permukaan air, terendam dan mengapung bebas. Tumbuhan air yang terdapat di Waduk Darma Kuningan adalah sebagai respon dari kesuburan air waduk yang diakibatkan oleh berbagai aktifitas antropogenik di dalam dan di luar kawasan waduk. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menginventarisasi tumbuhan air yang berpotensi sebagai fitoremediator di Waduk Darma Kuningan. Metode penelitian yang dipergunakan adalah metode analisis deskriptif kuantitatif berdasarkan hasil survei. Hasil penelitian ditemukan 13 jenis dari 9 famili dengan tipe hidup terapung sempurna, mencuat ke permukaan air dan terendam sempurna. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tumbuhan air terapung bebas yang paling mendominasi di perairan Waduk Darma. Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang paling tepat dipergunakan sebagai fitoremediator di perairan Waduk Darma.

**Kata kunci:** tumbuhan air, eceng gondok, invasif, fitoremediator, waduk

## ABSTRACT

Aquatic plants are an important part of aquatic ecosystems formed from morphological and physiological adaptations so as to create life patterns that appear on the surface of the water, are submerged and float freely. The aquatic plants found in the Darma Kuningan Reservoir are a response to the fertility of the reservoir water caused by various anthropogenic activities inside and outside the reservoir area. The specific objective of this study was to inventory aquatic plants that have the potential as phytoremediators in the Darma Kuningan Reservoir. The research method used is a quantitative descriptive analysis method based on survey results. The results of the study found 13 species from 9 families with perfectly floating life types, sticking out to the surface of the water and completely submerged. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is the most dominant free-floating aquatic plant in the waters of the Darma Reservoir. Water hyacinth is an aquatic plant that is most appropriate for use as a phytoremediator in the waters of the Darma Reservoir.

**Keywords:** aquatic plants, water hyacinth, invasive, phytoremediators, reservoirs

**Citation:** Nurdin., Ismail, Aa. Y., Kosasih, D., dan Herlina, N. (2024). Tumbuhan Air Berpotensi sebagai Fitoremediator di Waduk Darma Kuningan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1): 175-183, doi:10.14710/jil.22.1.175-183

## 1. Latar Belakang

Waduk Darma terletak di Kabupaten Kuningan Jawa Barat dengan luas genangan mencapai 420 Ha (Heriyanto et al., 2018) dibangun dengan tujuan utama adalah irigasi. Bermanfaat sebagai sumber air baku PDAM Kabupaten Kuningan (Hermawati, 2015), objek wisata alam (Mauludin, 2017) dan sebagai tempat budidaya ikan melalui sistim keramba jaring apung (KJA) (Heriyanto et al., 2018). Manfaat waduk lainnya seperti diungkapkan sebelumnya yaitu sebagai pengendali banjir (Li et al., 2014), sumber air minum, budidaya ikan (Hermawaty, 2015), pariwisata (Hidayani et al., 2021), dan sebagai habitat berbagai tumbuhan air (H. Wang et al., 2022) serta penyedia

jasa ekosistem (Bekoe et al., 2021);(Pratama et al., 2018).

Tumbuhan air dikenal dengan makrofit akuatik (*aquatic macrophytes*) merupakan bagian dari ekosistem perairan, berperan sebagai produsen dan mikro habitat (Astuti & Indriatmoko, 2018) organisme di lingkungan perairan. Lingkungan perairan menciptakan adaptasi morfologi dan fisiologi tumbuhan secara khusus (Lesiv et al., 2020). Respon adaptasi berdasarkan posisinya dari permukaan air, tumbuhan air dibedakan menjadi tumbuhan air terendam, mengapung dan yang muncul ke permukaan air (Haroon & Abd Allah, 2021). Keberadaan tumbuhan air dari segi jenis maupun

kelimpahannya dapat menjadi indikator kondisi lingkungan perairan, salah satunya sebagai tempat ikan bereproduksi (Suryandari & Sugianti, 2017). Tidak hanya berperan secara ekologis tetapi makrofita akuatik juga bermanfaat sebagai sumber pakan, obat-obatan dan agen fitoremediator (Tamam et al., 2021). Fitoremediasi efektif dan efisien mendegradasi kadar polutan dalam air (Nizam et al., 2020) dan tidak membutuhkan instalasi rumit tapi mampu mengolah limbah dalam volume besar (Mora-Ravelo et al., 2017).

Air yang tercemar limbah antropogenik meningkatkan resiko keselamatan jiwa. Untuk meningkatkan kualitas air diperlukan suatu metode yang mudah diaplikasikan dengan biaya yang relatif murah. Salah satu metode yang ekonomis yaitu dengan menggunakan tanaman (*fitoremediator*) yang hidup di habitatnya (Mohebi, 2022). Fitoremediasi lebih efektif dan ramah lingkungan jika dibandingkan dengan perlakuan secara kimia atau fisika pada umumnya (Kurniawan et al., 2022). Polutan di areal budidaya ikan dihasilkan dari proses pemeliharaan ikan berupa partikel terlarut dan nutrisi (Nizam et al., 2020) yang mengandung nitrogen, amonia, karbon organik, fosfat, biokarbonat dengan konsentrasi tinggi (Mora-Ravelo et al., 2017); (Dauda et al., 2019). Fitoremediasi memanfaatkan potensi tumbuhan in-situ (Z. Wang et al., 2013) untuk membersihkan lingkungan dari berbagai jenis polutan organik dan anorganik (Antoniadis et al., 2017). Mekanisme diawali dengan penyerapan zat organik tersuspensi selanjutnya pengurangan atau penghapusan polutan organik (Amalina et al., 2022). Organ tubuh yang terlibat dalam penyerapan polutan organik adalah akar selanjutnya mentranslokasikan ke batang dan daun (Shokry et al., 2020); (Mlunguza et al., 2020).

Banyak teknik phytoremediasi yang digunakan sebelumnya di berbagai tempat dan telah dibahas

untuk menyelesaikan masalah pencemaran air di seluruh dunia (Favas et al., 2018; Vidal et al., 2019; Yadav et al., 2018). Pemerintah, lembaga non pemerintah dan para peneliti telah mencurahkan perhatiannya terhadap upaya peningkatan kualitas air secara efisien (Ansari et al., 2020) melalui teknik phytoremediasi sejak 300 tahun yang lalu (Carolyn et al., 2017). Spesies tumbuhan air liar di berbagai tempat berbeda yang berpotensi sebagai fitoremediator belum seluruhnya terungkap. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menginventarisasi tumbuhan air yang berpotensi sebagai fitoremediator di Waduk Darma Kuningan. Hasil penelitian ini dapat dipergunakan untuk pengelolaan waduk yang berkelanjutan, sehingga pemanfaatan waduk dapat sesuai dengan fungsinya.

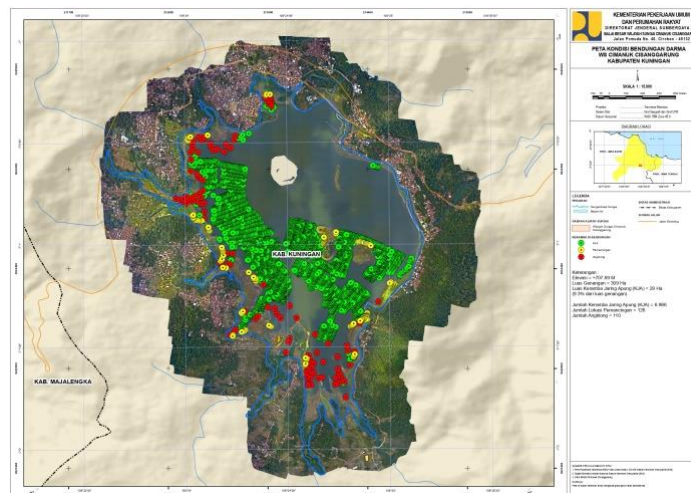
Penelitian ini juga terkait dengan komitmen United Nations Environment Programme (UNEP) terhadap keberlanjutan lingkungan hidup secara komprehensif.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif berdasarkan hasil survei. Objek penelitian dideskripsikan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya secara sistematis dan akurat. Data tumbuhan air yang ditemukan di lokasi penelitian disajikan dalam bentuk data kuantitatif untuk mengetahui potensinya sebagai fitoremediator.

### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Waduk Darma Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat dengan luas areal penelitian  $\pm 425$  ha (Gambar 1). Waduk Darma berfungsi sebagai penyedia air irigasi, air minum, budidaya ikan dengan sistim KJA dan objek wisata alam. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2022.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

**2.2. Variabel Penelitian**

Penelitian ini menganalisis 3 variabel, yaitu variabel biotik yang meliputi tumbuhan air. Variabel abiotik yaitu intensitas cahaya matahari, suhu udara, kelembaban udara, pH air dan jumlah partikel terlarut dalam air. Variabel sosial dan ekonomi, yaitu aktivitas masyarakat sekitar pengelola KJA.

**2.3. Analisis Data Penelitian**

**2.3.1. Analisis Variabel Biotik**

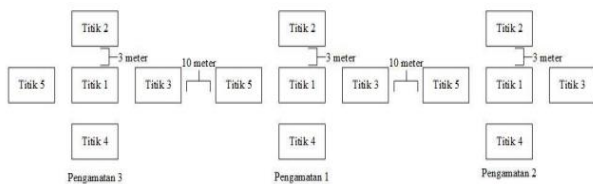
**a. Analisis Tumbuhan Air**

Pengambilan data tumbuhan air dilakukan pada 4 stasiun pengamatan (Tabel 1) yang ditentukan secara *purposive sampling*.

**Tabel 1.** Titik Koordinat Pengambilan Sampel

Stasiun Pengambilan Sampel	Titik Koordinat	
	Longitude	Latitude
1	7°00'01.4"S	108°24'26.4"E
2	7°00'27.3"S	108°23'59.1"E
3	7°01'33.3"S	108°24'29.6"E
4	7°02'01.2"S	108°24'35.3"E

Pada setiap stasiun pengambilan sampel diambil data tumbuhan (morfologi dan kerapatan) dan parameter kualitas air. Data tumbuhan diambil melalui transek kuadrat (Made et al., 2020). Titik pengambilan data berjumlah 5 titik dengan ukuran 1m x 1m dan jarak antar titik 3 meter. Pada setiap stasiun dibuat 3 transek kuadrat dengan jarak masing-masing transek 10 meter (Gambar 2).



**Gambar 2.** Transek Kuadrat (Made et al., 2020)

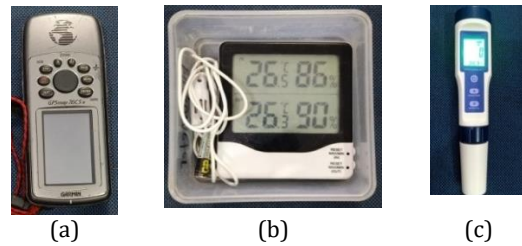
**b. Analisis Potensi Tumbuhan Air sebagai Fitoremediator**

Analisis potensi tumbuhan air dilakukan dengan peninjauan terhadap berbagai literatur yang dipublikasikan di jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional bereputasi. Jurnal nasional dan internasional yang dipergunakan adalah jurnal dengan terbitan 10 tahun terakhir. Lokasi penelitian di berbagai tempat dengan badan air berupa waduk atau danau.

**2.3.2. Analisis Variabel Abiotik (Lingkungan)**

Pengukuran titik koordinat stasiun penelitian menggunakan GPS. Variabel lingkungan serta kualitas air Waduk Darma, menggunakan higrometer, lux meter Partikel yang terlarut di dalam perairan Waduk Darma diukur menggunakan *Total Dissolved Solids* (TDS) meter. Tingkat asam-basa air diukur menggunakan pH meter. Suhu dan kelembaban lingkungan perairan diukur menggunakan *Thermo*

*Hygrometer* (Gambar 3) . Sedangkan besarnya intensitas cahaya matahari diukur dengan *software lux meter*. Data yang diperoleh diinterpretasikan dalam tabel dan dideskripsikan dengan mengacu berbagai literatur yang kompeten.



**Gambar 3.** Alat analisis variabel lingkungan. a)GPS, b)hygrometer; c)pH & TDS meter

**2.3.3. Analisis Variabel Sosial Ekonomi**

Kegiatan perekonomian masyarakat sekitar Waduk Darma dideskripsikan berdasarkan data yang diperoleh melalui wawancara. Nara sumbernya adalah para nelayan keramba jaring apung (KJA) yang mewakili dari seluruh nelayan secara *purposive*. Kriteria nelayan terpilih adalah ketua kelompok nelayan ditambah kepala desa dimana tempat nelayan tersebut tinggal. Hasil wawancara dideskripsikan secara komprehensif berdasarkan data dan fakta esisting.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Air**

Tumbuhan air yang ditemukan di Waduk Darma Kuningan terdapat 13 jenis dari 9 famili dengan tipe hidup terapung sempurna, mencuat ke permukaan air dan terendam sempurna. Substrat yang berada di lantai Waduk Darma dengan kedalaman yang berbeda-beda menciptakan pola adaptasi yang menciptakan kekhasan species tumbuhan air. Eceng gondok yang mengambang bebas memiliki ukuran tubuh lebih pendek dibandingkan dengan eceng gondok yang akarnya sampai ke substrat perairan. Pergerakan bebas eceng gondok di waduk Darma ditunjang oleh adanya tangkai daun yang menggelembung. Hal ini berbeda dengan eceng gondok yang akarnya menjangkau ke lantai dasar perairan, tangkai daun lebih panjang dengan gelembung hanya pada tangkai daun muda.

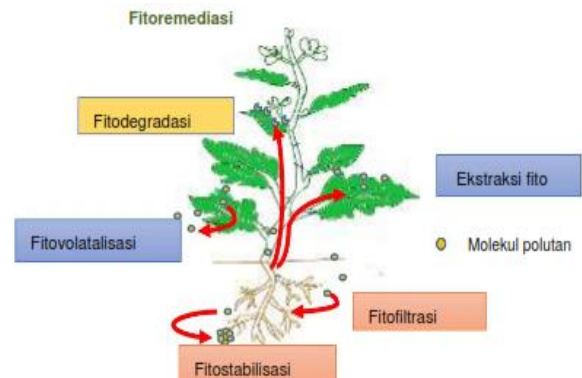
**3.2. Peran Tumbuhan Air dalam Fitoremediasi Air Limbah**

Sumber polutan berasal dari internal dan eksternal sekitar kawasan waduk (Mooney et al., 2020) Polutan yang terakumulasi di perairan berasal dari kegiatan anthropogenik sekitar kawasan waduk dan aktifitas pertanian (Canazart et al., 2017). Limbah domestik yang dibuang tanpa pengolahan masuk melalui aliran sungai yang melalui pemukiman bermuara sebagai *inlet nutrient* (Tyumen, 2022). Air limbah dan KJA berpotensi besar penyuplai polutan organik (Prayuda et al., 2017) dari sisa pakan dan metabolisme ikan yang dibudidayakan. Polutan

organik meningkatkan laju *eutrofikasi* (Heriyanto et al., 2018); (Haroon & Abd Ellah, 2021), jika perairan sudah tidak lagi memiliki daya lenting terhadap daya serap *nutrient* (Piranti et al., 2018). Utrofikasi adalah pengkayaan nutrisi, terutama nitrogen (N) dan fosfat (P) dengan indikator bloomingnya fitoplankton dan tumbuhan air sehingga menyebabkan degradasi kualitas air waduk dan mengganggu keseimbangan ekologi (Astuti et al., 2022). Nutrisi yang diterima danau dan waduk berasal dari sumber internal dan sumber eksternal lingkungan sekitarnya (Mooney et al., 2020). Aktifitas pertanian dan berkembangnya perindustrian menjadi gangguan global terhadap siklus nitrogen, posfor dan carbon, keseimbangan ekosistem dan kesejahteraan manusia di masa yang akan datang (Raimi et al., 2021). Transport pencemaran fosfor berasal dari dua sumber yaitu sumber internal keramba jaring apung dan dari berbagai aliran sungai sebagai sumber eksternal (Astuti et al., 2022). Unsur N dan P merupakan unsur dasar yang dibutuhkan untuk kehidupan akuatik dalam kondisi yang tidak memicu eutrofikasi (Bhagowati & Ahamad, 2019). Unsur P merupakan pengontrol produktivitas perairan tawar, sehingga masuknya unsur P dari luar merupakan indikator terjadinya antropogenik eutrofikasi (Schindler, 2012).

Fitoremediasi merupakan bioteknologi yang memanfaatkan tumbuhan untuk mengasimilasi dan mendegradasi bahan pencemar melalui metode fitodegradasi, fitovolatalisasi, fitoekstraksi,

fitofiltrasi dan fitostabilisasi (Mohebi, 2022). Fitoremediasi memanfaatkan potensi tumbuhan in-situ (Z. Wang et al., 2013) untuk membersihkan lingkungan dari berbagai jenis polutan organik dan anorganik (Antoniadis et al., 2017). Mekanisme diawali dengan penyerapan zat organik tersuspensi selanjutnya pengurangan atau penghapusan polutan organik (Amalina et al., 2022). Organ tubuh yang terlibat dalam penyerapan polutan organik adalah akar selanjutnya mentranslokasikan ke batang dan daun (Shokry et al., 2020);(Mlunguza et al., 2020). Proses fitoremediasi dengan *E. crassipes* secara langsung nutrisi diserap dan terakumulasi atau diubah dalam jaringan, terdegradasi menjadi unsur-unsur yang tidak berbahaya (Canazart et al., 2017).



**Gambar 5.** Asimilasi dan degradasi dalam fitoremediasi (Mohebi, 2022).

**Tabel 2.** Potensi Fitoremediasi Tumbuhan Air yang Ditemukan di Waduk Darma

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Sumber Air Limbah	Polutan	Referensi
1	Apu - apu	<i>Pistisia stratiotes</i>	Air limbah industri	Cd, Zn, Ni, Pb, Cu, Nitrit	(Lu et al., 2018)
2	Arum air	<i>Calla palustris</i>	Limbah organik, logam berat dan patogen	TSS, BOT, Predator, radiasi sinar UV	(Pusparinda & Santoso, 2016)
3	Bulu burung	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Limbah domestik	COD, TN, TP	(Feng et al., 2018)
4	Eceng Gondok	<i>Eichornia crassipes</i>	Air limbah industri	BOD, COD, Fe, Minyak, Lemak, Zn, Ni, dll.	(Patel & Kanungo, 2012); (Sanmuga Priya & Senthamil Selvan, 2017)
5	Gagabusan	<i>Ludwegia octovalvis</i>	Tanah tercemar bensin	Hidrikarbon minyak bumi	(Al-Mansoori et al., 2017)
6	Genjer	<i>Limncharis flava</i>	Limbah domestik	Pb, Cd	(Rijal et al., 2016)
7	Kangkung	<i>Ipoema aquatic</i>	Limbah pabrik kelapa sawit	COD, TDS, Nitrate, NH <sub>3</sub> -N, Phosphorous, Ni, Pb, Cd	(Md Sa'at & Qamaruz Zamana, 2017)
8	Beludru air	<i>Azolla pinnata</i>	Domestik & pertanian	BOT (Nitrogen dan Fosfat)	(Astuti & Indriatmoko, 2018)
9	Kiambang	<i>Salvinia molesta</i>	Limbah domestik	pH, BOD, COD, TSS, Minyak, Lemak	(Imron et al., 2019)
10	Kodok junco	<i>Juncus buponus</i>	Limbah organik & logam berat	BOT, Hg, Zn	(Syranidou et al., 2017)
11	Mata lele	<i>Lenma minor</i>	Air limbah industri	BOT, Chloride, sulphate, BOD, COD, TDS, Cu, Ti, Pb	(Saha et al., 2015)
12	Tapak Dara Air	<i>Ludwegia adscendens</i>	Limbah domestik	BOD, Cod, Cr	(Salawu et al., 2018); (Amin et al., 2021)
13	Antanan air	<i>Hidrocotyle verticillata</i>	Limbah domestik	BOD, COD, Hg	(Irhamni et al., 2017)



**Gambar 4.** Beberapa tumbuhan air di Waduk Darma yang berpotensi sebagai fitoremediasi. a) Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), b) Bulu burung (*Myriophyllum aquaticum*), c) Genjer (*Limnocharis flava*), d) Kodok jungko (*Juncus buponioides*), e) Kiambang (*Salvinia molesta*), f) Apu-apu (*Pistia stratiotes*)

### 3.3. Kondisi Lingkungan

Waduk Darma dikelilingi oleh 9 desa di wilayah Kecamatan Darma, yaitu Desa Darma, Sakerta Timur, Sakerta Barat, Jagara, Paninggaran, Cipasung, Kawahmanuk, Cikupa dan Parung. Luas daerah layanan Waduk Darma meliputi Kabupaten Kuningan seluas 6.400 Ha dan Kabupten Cirebon 13.284 Ha., dimanfaatkan sebagai air baku PDAM Kuningan, KJA dan pemanfaatan objek wisata (Tjahyo et al., 2017) . Waduk Darma merupakan salah satu tempat yang digunakan sebagai peluang usaha bagi penduduk di sekitarnya, baik sebagai nelayan atau pembudidaya ikan dengan sistem Keramba Jaring Apung (KJA). Waduk Darma memiliki nilai ekonomi yang tinggi dari perikanan dan perairan melalui budidaya KJA, Nelayan Perairan Umum (NPU), irigasi, air baku dan pemanfaatan rekreasi alam (Pratama et al., 2018). Waduk merupakan sumberdaya perairan yang pengelolaannya harus melibatkan masyarakat demi kesinambungan fungsinya (Larasati & Purnaweni, 2022).

Kualitas air di perairan Waduk Darma sangat mempengaruhi kehidupan organisme di dalamnya yang salah satunya adalah tumbuhan air. Lingkungan perairan (Tabel 3) memiliki faktor pembatas untuk pertumbuhan vegetasi terestrial dan menciptakan bentuk adaptasi khusus bagi makrofita akuatik agar dapat hidup dalam kondisi terendam atau terapung di

atas permukaan air (Lesiv et al., 2020). Iklim, fisika dan kimia air menjadi faktor pembatas penentu komunitas dan distribusi makrofita akuatik (Barko et al., 1986). Faktor biologis yang meliputi perolehan cahaya, nutrisi dan ruang, pengembalaan herbivora serta aktivitas antropogenik turut mempengaruhi distribusi makrofita akuatik (Lesiv et al., 2020).

**Tabel 3.** Lingkungan Perairan Waduk Darma

Stasiun Pengambilan Sampel	Faktor Lingkungan			
	Suhu & Kelembaban	Intensitas Cahaya Matahari	pH	TDS (ppm)
1	24°C/63%	LOW-(WET +)	5,5	1.290
2	23°C/72%	LOW-(WET +)	4,0	610
3	26°C/69%	LOW-(WET +)	4,5	480
4	26°C/69%	NOR(WET +)	4,5	460

Stasiun 1 berada di dekat lahan milik warga sekitar Waduk Darma yang dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan perkebunan dengan pengolahan yang intensif sehingga perairan lebih keruh. Stasiun 2 berada di lokasi budidaya ikan dengan sistim KJA. Pakan ikan yang diberikan tidak semuanya habis dikonsumsi, ada yang mengendap di dasar waduk dan melayang di perairan. Stasiun penelitian 3 berada di dekat perumahan warga seagai spot mancing dan

stasiun 4 berada di spot wisata alam yang kondisi airnya lebih jernih.

Pada saat pengambilan data kondisi cuaca berada di musim kemarau sehingga volume air Waduk Darma surut. Berkurangnya volume air Waduk dikarenakan kondisi alam dan pengaruh aktifitas antropogenik. Sumberdaya perairan akan terganggu konsistensinya jika luas lahan terbuka hijau menurun (Lukito, 2021).

Hasil pengukuran partikel-partikel yang terlarut dalam air dan kandungan Ph yang rendah di setiap stasiun menunjukkan tingginya komposisi kimia dan substrat dari dasar perairan. Kandungan pH yang rendah bisa diakibatkan oleh kandungan asam organik dapat menyebabkan penurunan nilai pH (Made et al., 2020). Konsistensi pertumbuhan tumbuhan air terdapat pada kisaran suhu minimum 18°C, suhu optimum (25 – 30)°C dan pada suhu (33-35)°C mencapai tingkat pertumbuhan tertinggi (Ajithram et al., 2021).

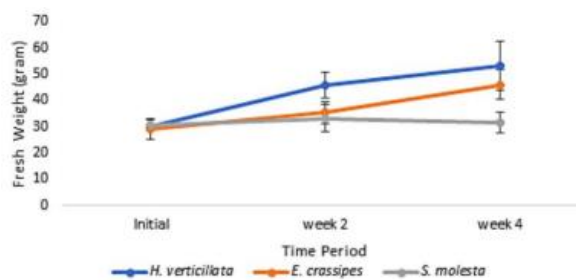
Laju pertumbuhan yang tinggi sebagai investasi biomassa dalam menyerap polutan menjadi beberapa keuntungan penggunaan tumbuhan air sebagai fitoremediator (Wani et al., 2017). Laju pertumbuhan (*Relative Growth Rate (RGR)*) merupakan indikator kemampuan dalam menyerap unsur hara dari air serta untuk mengukur biomassa tanaman (Umari et al., 2018). Laju pertumbuhan optimum *E. crassipes* merupakan respon dari konsentrasi nutrisi di perairan (Ripley et al., 2006). RGR *E. crassipes* meningkat seiring dengan melimpahnya nutrisi dan kenaikan suhu pada batas optimum (Hasibuan et al., 2020). Sedangkan *Doubling Time (DT)* adalah waktu yang dibutuhkan *E. crassipes* untuk menggandakan jumlah yang ada. RGR dan DT *E. crassipes* dihitung berdasarkan biomassa (Astuti & Indriatmoko, 2018). Eceng gondok di Waduk Darma terlihat stok biomassanya melimpah (Gambar 6).



Gambar 6. Eceng gondok di Waduk Darma

Laju pertumbuhan makrofita akuatik ditentukan oleh nutrisi di badan air atau yang mengendap di sedimen. Laporan yang disampaikan Izzati et al., (2022) di danau Rawa Pening, bahwa laju pertumbuhan *E. crassipes* lebih rendah dibandingkan dengan *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle, tapi lebih tinggi dari *Salvinia molesta* D. Mitch (Gambar 6). Tumbuhan yang terendam dan menempel pada sedimen akan mendapatkan lebih banyak nutrisi dibandingkan

dengan tumbuhan air yang mengambang dan melayang (Wahl et al., 2020).



Gambar 7. Kurva species laju pertumbuhan spesifik tiga tumbuhan air (Izzati et al., 2022)

Laju pertumbuhan makrofit merupakan salah satu parameter penting, karena dapat digunakan untuk memprediksi efektivitas rehabilitasi ekosistem air tawar (Izzati et al., 2022) dan untuk perencanaan pengelolaan lingkungan (Bianchini et al., 2015). Pemanfaatan makrofit akutaik untuk menghilangkan pencemaran nutrisi merupakan strategi efektif untuk memperbaiki kualitas perairan tawar (Yu et al., 2019).

#### 4. Kesimpulan

Tumbuhan air yang dimanfaatkan sebagai fitoremediator harus investasi biomassa yang besar dan mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang eskrim. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu tumbuhan air yang tepat sebagai fitoremediator di perairan Waduk Darma, dikarenakan potensi biomassanya yang melimpah.

Penelitian ini belum menjelaskan tingkat dominansi setiap tumbuhan air tapi secara visual didominasi oleh eceng gondok. Pengaruh perubahan tutupan lahan di daerah resap air belum dikaji pada penelitian ini dan akan mejadi peluang kajian selajutnya.

#### Daftar Pustaka

- Ajithram, A., Jappes, J. T. W., & Brintha, N. C. (2021). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) natural composite extraction methods and properties - A review. *Materials Today: Proceedings*, 45(xxxx), 1626–1632. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.472>
- Al-Mansoori, A. F., Idris, M., Abdullah, S. R. S., & Anuar, N. (2017). Phytoremediation of contaminated soils containing gasoline using *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) in greenhouse pots. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(13), 11998–12008. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5261>
- Amalina, F., Razak, A. S. A., Krishnan, S., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for organic contaminants removal in water - A review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7(April), 100092. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100092>
- Amin, R., Mafikalita Sari, R. A., & Rahyuni, D. (2021). The Potency of *Ludwigia adscendens* and *L. octovalvis* as Phytoremediator Macrophytes in Indonesia.

- Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 15(6), 78–86. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v15i630352>
- Ansari, A. A., Naeem, M., Gill, S. S., & AlZuaibr, F. M. (2020). Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.03.002>
- Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M. N. V., Wenzel, W. W., & Rinklebe, J. (2017). Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. *Earth-Science Reviews*, 171, 621–645. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.005>
- Astuti, L. P., & Indriatmoko, I. (2018). Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 183. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2063>
- Astuti, L. P., Sugianti, Y., Warsa, A., & Sentos, A. A. (2022). Water Quality and Eutrophication in Jatiluhur Reservoir, West Java, Indonesia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2), 1493–1503. <https://doi.org/10.15244/pjoes/142475>
- Barko, J. W., Adams, M. S., & Clesceri, N. L. (1986). Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: a review. In *Journal of Aquatic Plant Management* (Vol. 24, pp. 1–10).
- Bekoe, J., Balana, B. B., & Nimoh, F. (2021). Social cost-benefit analysis of investment in rehabilitation of multipurpose small reservoirs in northern Ghana using an ecosystem services-based approach. *Ecosystem Services*, 50(August 2020), 101329. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101329>
- Bhagowati, B., & Ahamad, K. U. (2019). A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 19(1), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.03.002>
- Bianchini, I., Cunha-Santino, M. B., Milan, J. A. M., Rodrigues, C. J., & Dias, J. H. P. (2015). Model parameterization for the growth of three submerged aquatic macrophytes. *Journal of Aquatic Plant Management*, 53(January), 64–73.
- Canazart, D. A., Nunes, A. R. da C., Sanches, M., & Conte, H. (2017). PHYTOREMEDIATION AGRO INDUSTRIAL WASTEWATER OF USING MACROPHYTE *Eichhornia crassipes*. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research - BJSR*, 17(2), 87–91.
- Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S., & Akinwole, A. O. (2019). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>
- Feng, S., Xu, S., Zhang, X., Wang, R., Ma, X., Zhao, Z., Zhuang, G., Bai, Z., & Zhuang, X. (2018). Myriophyllum aquaticum-based surface flow constructed wetlands for enhanced eutrophic nutrient removal—a case study from laboratory-scale up to pilot-scale constructed wetland. *Water (Switzerland)*, 10(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/w10101391>
- Haroon, A. M., & Abd Ellah, R. G. (2021). Variability response of aquatic macrophytes in inland lakes: A case study of Lake Nasser. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47(3), 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.07.004>
- Hasibuan, A. A., Yuniati, R., & Wardhana, W. (2020). The growth rate and chlorophyll content of water hyacinth under different type of water sources. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 902(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/902/1/012064>
- Heriyanto, H., Hasan, Z., Yustiati, A., & Nurruhwati, I. (2018). Dampak Budidaya Keramba Jaring Apung terhadap Produktivitas Primer di Perairan Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 9(2), 27–33.
- Hermawaty, A. I. (2015). Permasalahan Kelembagaan Pemanfaatan Waduk Darma untuk Kegiatan Budidaya Keramba Jaring Apung di Kabupaten Kuningan Jawa Barat. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 3(2), 95. <https://doi.org/10.14710/jwl.3.2.95-104>
- Hindayani, P., Pratama, A. R., & Anna, Z. (2021). *Strategi Prospektif Pengembangan Dalam Ekowisata Waduk Cirata Yang Berkelanjutan*. 19(3), 620–629. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.620-629>
- Imron, I., Dermiyati, D., Sriyani, N., Yuwono, S. B., & Suroso, E. (2019). Perbaikan Kualitas Air Limbah Domestik Dengan Fitoremediasi Menggunakan Kombinasi Beberapa Gulma Air: Studi Kasus Kolam Retensi Talang Aman Kota Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 51. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.51-60>
- Irrhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2), 75–84.
- Izzati, M., Soeprbowati, T. R., & Prasetyo, S. (2022). Characterization of Three Selected Macrophytes - An Ecological Engineering Approach for Effective Rehabilitation of Rawapening Lake. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 277–287. <https://doi.org/10.12911/22998993/152047>
- Kurniawan, A., Khasanah, K., & Jayatri, F. N. M. (2022). Study on the Application of Phytoremediation of Phosphate Content to Eutrophication in Cengklik Reservoir, Boyolali Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012075>
- Larasati, E., & Purnaweni, H. (2022). *Rawapening Lake Buffer Zone Management*. 24(2), 99–106.
- Lesiv, M. S., Polishchuk, A. I., & Antonyak, H. L. (2020). Aquatic macrophytes: ecological features and functions. *Studia Biologica*, 14(2), 79–94. <https://doi.org/10.30970/sbi.1402.619>
- Li, Y., Guo, S., Guo, J., Wang, Y., Li, T., & Chen, J. (2014). Deriving the optimal refill rule for multi-purpose reservoir considering floodcontrol risk. *Journal of Hydro-Environment Research*, 8(3), 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2013.09.005>
- Lu, B., Xu, Z., Li, J., & Chai, X. (2018). Removal of water nutrients by different aquatic plant species: An alternative way to remediate polluted rural rivers. *Ecological Engineering*, 110(April 2017), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.016>
- Lukito, H. (2021). *Zonasi Kerentanan Kekeringan dan Rekomendasi Perlindungan Daerah Imbuhan dan*

- Mataair Lotong lotong , Kabupaten Bulukumba , Sulawesi Selatan Pemerintah Indonesia melalui kementerian Pekerjaan Umum memiliki program dalam mengupayakan penyediaan air bersih /.* 3, 46-59.
- Made, I. G., Arthana, I. W., & Wulandari, E. (2020). *Kerapatan dan Persebaran Tumbuhan Air di Danau Buyan Kabupaten Buleleng , Provinsi Bali.* 6, 67-77.
- Mauludin, R. (n.d.). Pengaruh Atraksi Wisatawan terhadap Minat Berkunjung Wisatawan. *Jurnal Manajemen Resort Dan Leisure*, 57-68.
- Md Sa'at, S. K., & Qamaruz Zamana, N. (2017). Phytoremediation Potential of Palm Oil Mill Effluent by Constructed Wetland Treatment. *Engineering Heritage Journal*, 1(1), 49-50. <https://doi.org/10.26480/gwk.01.2017.49.54>
- Mlunguza, N. Y., Ncube, S., Mahlambi, P. N., Chimuka, L., & Madikizela, L. M. (2020). Determination of selected antiretroviral drugs in wastewater, surface water and aquatic plants using hollow fibre liquid phase microextraction and liquid chromatography - tandem mass spectrometry. *Journal of Hazardous Materials*, 382(March 2019), 121067. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121067>
- Mohebi, Z. (2022). *Phytoremediation of wastewater using aquatic plants , A review Journal of Applied Research in Water and Wastewater Phytoremediation of wastewater using aquatic plants, A review.* April.
- Mooney, R. J., Stanley, E. H., Rosenthal, W. C., Esselman, P. C., Kendall, A. D., & McIntyre, P. B. (2020). Outsized nutrient contributions from small tributaries to a Great Lake. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(45), 28175-28182. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001376117>
- Mora-Ravelo, S. G., Alarcón, A., Rocandio-Rodríguez, M., & Vanoye-Eligio, V. (2017). Bioremediation of wastewater for reutilization in agricultural systems: A review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(1), 33-50. [https://doi.org/10.15666/aer/1501\\_033050](https://doi.org/10.15666/aer/1501_033050)
- Nizam, N. U. M., Hanafiah, M. M., Noor, I. M., & Karim, H. I. A. (2020). Efficiency of five selected aquatic plants in phytoremediation of aquaculture wastewater. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/APP10082712>
- Patel, D. K., & Kanungo, V. K. (2012). Treatment of domestic wastewater by potential application of a submerged aquatic plant *Hydrilla verticillata* Casp. *Recent Research in Science and Technology*, 4(10), 56-61.
- Piranti, A. S., Rahayu, D. R. U. S., & Waluyo, G. (2018). Nutrient Limiting Factor for Enabling Algae Growth of Rawapening Lake, Indonesia. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(1), 101-108. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v10i1.12500>
- Pratama, D. S., Syaukat, Y., & Ekayani, M. (2018). Estimasi Nilai Ekonomi Dan Eksternalitas Negatif Pemanfaatan Waduk Darma. *RISALAH KEBIJAKAN PERTANIAN DAN LINGKUNGAN: Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan*, 4(1), 13. <https://doi.org/10.20957/jkebijakan.v4i1.20056>
- Prayuda, L. R., Arthana, I. W., & Dewi, A. P. W. K. (2017). Pengaruh Nitrat (NO<sub>3</sub>) Terhadap Pertumbuhan Alami Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Solms.) Berdasarkan Biomassa Basah Di Danau Batur, Kintamani, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2), 215. <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.215-222>
- Pusparinda, L., & Santoso, I. B. (2016). Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17707>
- Raimi, O. M., Ilesanmi, A., Alima, O., & Omini, D. E. (2021). Exploring How Human Activities Disturb the Balance of Biogeochemical Cycles: Evidence from the Carbon, Nitrogen and Hydrologic Cycles. *Research on World Agricultural Economy*, 2(3), 23-44. <https://doi.org/10.36956/rwae.v2i3.426>
- Rijal, M., Amin, M., Rohman, F., Suarsini, E., & Alim Natsir, N. (2016). *Pistia stratiotes* and *Limncharis Flava* as Phytoremediation Heavy Metals Lead and Cadmium in the Arbes Ambon. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 27(2), 182-188. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>
- Ripley, B. S., Muller, E., Behenna, M., Whittington-Jones, G. M., & Hill, M. P. (2006). Biomass and photosynthetic productivity of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) as affected by nutrient supply and mirid (*Eccritotarus catarinensis*) biocontrol. *Biological Control*, 39(3), 392-400. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.05.002>
- Saha, P., Banerjee, A., & Sarkar, S. (2015). Phytoremediation Potential of Duckweed (*Lemna minor* L.) On Steel Wastewater. *International Journal of Phytoremediation*, 17(6), 589-596. <https://doi.org/10.1080/15226514.2014.950410>
- Salawu, M. O., Sunday, E. T., & Oloyede, H. O. B. (2018). Bioaccumulative activity of *Ludwigia peploides* on heavy metals-contaminated water. *Environmental Technology and Innovation*, 10, 324-334. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.04.001>
- Sanmuga Priya, E., & Senthamil Selvan, P. (2017). Water hyacinth (*Eichornia crassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3548-S3558. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.002>
- Schindler, D. W. (2012). The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1746), 4322-4333. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1032>
- Shokry, H., Elkady, M., & Salama, E. (2020). Eco-friendly magnetic activated carbon nano-hybrid for facile oil spills separation. *Scientific Reports*, 10(1), 1-17. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67231-y>
- Suryandari, A., & Sugianti, Y. (2017). Tumbuhan Air Di Danau Limboto, Gorontalo: Manfaat Dan Permasalahannya. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 2(4), 151. <https://doi.org/10.15578/bawal.2.4.2009.151-154>
- Syranidou, E., Christofilopoulos, S., & Kalogerakis, N. (2017). *Juncus* spp.—The helophyte for all (phyto)remediation purposes? *New Biotechnology*,



- 38(16), 43–55.  
<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.12.005>
- Tamam, M. B., Ramadani, A. H., Mihatul Maflahah Halma, E., & Tri Uliana Sari, C. (2021). Inventarisasi Tumbuhan Akuatik Berpotensi Fitoremediator Air Limbah Industri di Waduk Bunder Gresik. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 5(2), 68–73.  
<https://doi.org/10.29080/biotropic.2021.5.2.68-73>
- Tjahyo, D. W. H., Kartamihardja, E. S., & Purnamaningtyas, S. E. (2017). KUALITAS AIR, PRODUKTIVITAS PRIMER, DAN POTENSI PRODUKSI IKAN WADUK DARUFA UNTUK Mendukung Kehidupan dan Pertumbuhan Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*) yang diintroduksi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 12(1), 1.  
<https://doi.org/10.15578/jppi.12.1.2006.1-12>
- Tyumen, L. A. O. (2022). *Pollution of ecosystem water resources in the Ural Federal District*. *Pollution of ecosystem water resources in the Ural Federal District*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1045/1/012125>
- Umari, I., Widarti, W., Wijaya, I., & Hasbi, H. (2018). Pengaruh Warna Naungan Plastik dan Dosis Pupuk Organik Kompos terhadap Pertumbuhan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi Dan Budidaya Perairan*, 16(2), 129.  
<https://doi.org/10.32663/ja.v16i2.458>
- Wahl, C. F., Diaz, R., & Ortiz-Zayas, J. (2020). Assessing *Salvinia molesta* impact on environmental conditions in an urban lake: Case study of Lago Las Curias, Puerto Rico. *Aquatic Invasions*, 15(4), 562–577.  
<https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.4.02>
- Wang, H., Zhang, X., Peng, Y., Wang, H., Wang, X., Song, J., & Fei, G. (2022). Restoration of aquatic macrophytes with the seed bank is difficult in lakes with reservoir-like water-level fluctuations: A case study of Chaohu Lake in China. *Science of the Total Environment*, 813(November), 151860.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151860>
- Wang, Z., Zhang, Z., Zhang, Y., Zhang, J., Yan, S., & Guo, J. (2013). Nitrogen removal from Lake Caohai, a typical ultra-eutrophic lake in China with large scale confined growth of *Eichhornia crassipes*. *Chemosphere*, 92(2), 177–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.03.014>
- Wani, R. A., Ganai, B. A., Shah, M. A., & Uqab, B. (2017). Heavy Metal Uptake Potential of Aquatic Plants through Phytoremediation Technique - A Review. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 08(04).  
<https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000404>
- Yu, S., Miao, C., Song, H., Huang, Y., Chen, W., & He, X. (2019). Efficiency of nitrogen and phosphorus removal by six macrophytes from eutrophic water. *International Journal of Phytoremediation*, 21(7), 643–651.  
<https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1556582>