

PENGARUH AIR LIMBAH TAMBAK UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERHADAP EFEKTIVITAS PERTUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

Wahyu Septiasari^{1*}, Riska Andriani²

^{1,2}Progam Studi Biologi Universitas PGRI Ronggolawe

*Email: tias4502@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan budidaya udang vaname menghasilkan air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan perairan akibat kandungan amonia dan salinitas tinggi. Salah satu upaya bioremediasi limbah tersebut adalah dengan memanfaatkan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), tumbuhan air yang mampu menyerap kontaminan melalui proses rhizofiltrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh air limbah tambak udang vaname terhadap pertumbuhan eceng gondok. Penelitian dilaksanakan di *Green House* Universitas PGRI Ronggolawe Tuban dengan rancangan acak lengkap (RAL) menggunakan lima perlakuan konsentrasi air limbah (0%, 50%, 70%, 90%, dan 100%) masing-masing dengan lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi morfologi daun, panjang akar, dan berat basah eceng gondok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian air limbah tambak berpengaruh terhadap laju pertumbuhan relatif eceng gondok, namun laju tertinggi justru diperoleh pada kontrol negatif (air PDAM tanpa limbah) sebesar 2,628 g/hari. Perlakuan dengan limbah 50% (P3) menghasilkan pertumbuhan relatif tertinggi di antara perlakuan lain, yaitu 1,571 g/hari. Selain itu, terdapat gejala klorosis, nekrosis, dan penurunan panjang akar seiring meningkatnya konsentrasi salinitas limbah. Meskipun eceng gondok mampu bertahan hidup dan menunjukkan pertumbuhan, kandungan garam pada limbah menghambat fotosintesis dan penyerapan air. Dengan demikian, eceng gondok berpotensi sebagai agen fitoremediasi, namun efektivitasnya menurun pada konsentrasi limbah tinggi.

Kata Kunci: air limbah; udang vaname; eceng gondok; fitoremediasi; pertumbuhan tanaman

PENDAHULUAN

Kegiatan budidaya udang vaname menghasilkan produk sampingan berupa air limbah. Air limbah tambak udang vaname mengandung amonia yang berasal dari sisa metabolisme, sisa pakan, serta proses penguraian organisme yang mati dan terakumulasi di dasar tambak (Wahyuningsih & Gitarama, 2020). Masuknya limbah ke perairan yang berasal dari aktivitas di sekitar badan air berpotensi mempengaruhi dan mengubah kondisi lingkungan, seperti perubahan faktor kimia, biologi, dan fisika yang terkandung di dalam perairan. Siklus yang tidak stabil dalam jangka waktu lama berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup biota perairan, bahkan dapat menyebabkan kerugian bagi masyarakat setempat yang memanfaatkan sumber daya perairan tersebut (Nugroho., 2024). Pencemaran lingkungan akibat air limbah tambak udang vaname dapat diatasi dengan penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Noerhidajat *et al.*, 2021).

Air limbah tambak udang vaname dapat diolah secara mekanis (pengendapan), kimiawi (zat kimia pengendap), maupun biologi (mikroorganisme dan tumbuhan) di dalam IPAL (Indrayani & Rahmah, 2018; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019). Saat ini masih banyak tambak udang vaname yang tidak dilengkapi IPAL karena terkendala biaya yang besar serta kurangnya edukasi dan kesadaran petambak mengenai pentingnya IPAL (Fatimah *et al.*, 2018). Air limbah dari tambak yang tidak dilengkapi IPAL umumnya akan dibuang ke perairan umum tanpa melalui proses pengolahan sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran perairan hingga *blooming algae* (Hamuna *et al.*, 2028)

Eceng gondok memiliki karakteristik mudah diperoleh, laju pertumbuhannya cepat, dan penanganannya mudah. Akar eceng gondok mampu menyerap kontaminan berupa zat anorganik pada air limbah, air tanah, maupun air permukaan yang tercemar melalui proses

rhizofiltrasi. Pemanfaatan eceng gondok merupakan salah satu inovasi dalam pengolahan air limbah secara biologi (Mustafa & Hayder, 2021). Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh masuknya nutrisi ke perairan terutama yang kaya akan nitrogen dan fosfat. Eceng gondok dapat menyebabkan perubahan kejernihan air, fungsi hidrologi, konsentrasi oksigen terlarut, konsentrasi unsur hara, dan pencemaran lain dipermukaan air. Pertumbuhan eceng gondok juga sering dikaitkan dengan penurunan jumlah ikan diperairan karena sebagian permukaan air ditutupi oleh eceng gondok. Eceng gondok memiliki nutrisi yang tinggi sebagai sumber serat untuk pakan ternak dan memiliki selulosa tinggi yang membuat produksi biogas semakin tinggi (Nguyen *et al*, 2015).

Berdasarkan penelitian Lisa dkk pada tahun 2017 eceng gondok mampu tumbuh dengan baik pada perairan yang mengandung nitrat, dengan semakin tumbuh biomassa eceng gondok kandungan nitrat dalam perairan semakin menurun. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh air limbah tambak udang vaname terhadap pertumbuhan eceng gondok.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif. Deskriptif digunakan untuk menjelaskan perubahan berat basah pada eceng gondok sebelum dan setelah diberi air limbah tambak udang vaname. Kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa angka seperti hasil pengukuran berat basah eceng gondok.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juni yang dilakukan di *Green House* Universitas PGRI Ronggolawe Tuban.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan selama penelitian ini sebagai berikut: jerigen 25 L, timbangan digital, gelas ukur 1 L. Bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah air limbah tambak udang vaname yang berasal dari saluran outlet tambak udang vaname.

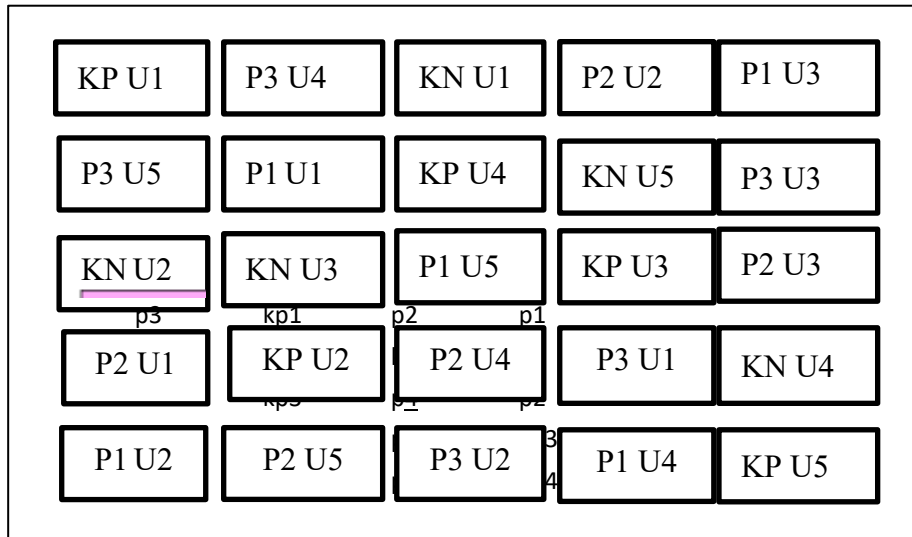
Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dalam 5 kali ulangan. Variabel bebas berupa air limbah dengan variasi konsentrasi, variabel terikat berupa berat basah, dan variabel kontrol berupa eceng gondok.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

Kode	Perlakuan	Lama Perlakuan (Hari)
KN	Eceng gondok (± 100 g) + air PDAM 100%	7
KP	Eceng gondok (± 100 g) + air limbah tambak udang vaname 100%	7
P1	Eceng gondok (± 100 g) + air limbah tambak udang vaname 90% + air 10%	7
P2	Eceng gondok (± 100 g) + air limbah tambak udang vaname 70% + air 30%	7
P3	Eceng gondok (± 100 g) + air limbah tambak udang vaname 50% + air 50%	7

Keterangan: KN (kontrol negatif) KP (kontrol positif); P1 (perlakuan 1); P2 (perlakuan 2); P3 (perlakuan 3)



Gambar 1. Denah Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Prosedur Penelitian

Persiapan Eceng Gondok

Eceng gondok diambil dari tepi sungai. Eceng gondok diambil sebanyak 30 individu dengan metode random sampling. Eceng gondok yang diambil dengan kriteria berat basah ± 220 g, memiliki organ tubuh yang lengkap (terdapat akar, batang, dan daun), tinggi 25- 40 cm, dan berwarna hijau segar (tidak layu). Eceng gondok dicuci dan dibersihkan di bawah air mengalir untuk proses aklimatisasi. Aklimatisasi bertujuan untuk menyesuaikan pertumbuhan tanaman di dalam media dan lingkungan tumbuh yang baru. Eceng gondok yang telah bersih direndam di dalam ember plastik yang berisi air 25 L selama 7 hari (Nadhifah *et al.*, 2019).

Persiapan Air Limbah Tambak Udang

Air limbah tambak udang vaname diambil dari saluran outlet tambak udang vaname. Air limbah diambil menggunakan jeriken 25 L kemudian diencerkan menggunakan air PDAM. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan air menggunakan gelas ukur 1 L hingga memperoleh konsentrasi 50%, 70%, dan 90% dari total volume sebanyak 4 L.

Pemberian Air Limbah Terhadap Eceng Gondok

Proses pemberian air limbah tambak udang vaname terhadap eceng gondok dilakukan menggunakan wadah ember plastik yang berisi air limbah dengan konsentrasi masing-masing 100% (KP), 90% (P1), 70% (P2), 50% (P3), dan air konsentrasi 100% (KN) dengan total volume sampel air sebanyak 4 L/unit perlakuan. Setiap unit perlakuan diberikan eceng gondok dengan berat basah sebesar ± 220 g. Penelitian ini menggunakan 2 jenis kontrol, yaitu kontrol negatif (KN) berisi ± 220 g eceng gondok dengan air PDAM konsentrasi 100% tanpa penambahan air limbah tambak udang vaname dan kontrol positif (KP) berisi ± 220 g eceng gondok dengan air limbah tambak udang vaname konsentrasi 100% tanpa penambahan air PDAM. Kontrol negatif dan kontrol positif digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui pertumbuhan eceng gondok yang diberi dengan yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname, serta mengetahui kemampuan eceng gondok dalam menurunkan kadar amonia pada air limbah tambak udang vaname dengan variasi konsentrasi 100%, 90%, 70%, dan 50%.

Pengamatan Morfologi dan Pengukuran Berat Basah Eceng Gondok

Aspek pengamatan morfologi meliputi perubahan warna daun eceng gondok dan panjang akar. Pengamatan morfologi eceng gondok dilakukan pada hari pertama dan hari terakhir hari ke 7 untuk semua konsentrasi yaitu, perlakuan KP (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 100%), P1 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 90%), P2 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 70%), P3 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 50%) dan KN (air PDAM konsentrasi 100%). Perubahan warna daun eceng gondok diamati pada dua tahap, yaitu sebelum dan setelah pemberian air limbah tambak udang vaname, warna daun yang diukur adalah daun ke tiga dari titik tumbuh. Pengukuran warna daun ini untuk mengetahui dampak limbah terhadap kondisi tanaman. Panjang akar diukur sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan setelah pemberian air limbah, dengan menggunakan mistar sebagai alat ukur, sehingga dapat dianalisis pengaruh limbah terhadap perkembangan akar eceng gondok.

Berat basah eceng gondok ditimbang menggunakan timbangan digital. Penimbangan berat basah eceng gondok dilakukan sebelum dan sesudah pemberian air limbah tambak udang vaname untuk semua konsentrasi yaitu, KP (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 100%), P1 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 90%), P2 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 70%), P3 (air limbah tambak udang vaname konsentrasi 50%) dan KN (air PDAM konsentrasi 100%). Pengukuran berat basah eceng gondok bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan relatif eceng gondok setelah pemberian air limbah tambak udang vaname.

Laju pertumbuhan relatif dihitung untuk mengetahui kemampuan eceng gondok dalam menyerap amonia yang terdapat di dalam air limbah tambak udang vaname dan menggunakannya dalam pertumbuhan. Laju pertumbuhan relatif dihitung dengan satuan g/hari menggunakan persamaan (1) (Prasetyo *et al.*, 2021):

$$RGR = \frac{(\ln MT2 - \ln MT1)}{T} \quad (1)$$

Keterangan:

RGR : relative growth rate atau laju pertumbuhan relatif (g/hari)
MT1 : berat basah eceng gondok hari ke-0 (g)
MT2 : berat basah eceng gondok hari ke-n (g)
T : waktu pengamatan (hari)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Relatif Eceng Gondok

Pemberian air limbah tambak udang vaname berpengaruh nyata ($Sig < 0,05$) terhadap penambahan berat basah eceng gondok berdasarkan uji Paired T Test (Uji T Berpasangan) (Hasil uji Paired T Test (Uji T Berpasangan) menunjukkan nilai rata-rata berat basah eceng gondok setelah pemberian air limbah tambak udang vaname pada perlakuan P1 dan P2 tidak berbeda nyata dengan kontrol positif (KP), tetapi berbeda nyata dengan kontrol negatif (KN) (Tabel 2). Nilai rata-rata berat basah eceng gondok setelah pemberian air limbah tambak udang vaname pada perlakuan P3 berbeda nyata dengan KN maupun KP.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rata Rata Berat Basah Eceng Gondok

KODE	RATA RATA BERAT BASAH (g)		LAJU PERTUMBUHAN RELATIF (g/hari)	LAMA PERLAKUAN (Hari)
	SEBELUM PERLAKUAN (MT1)	SESUDAH PERLAKUAN (MT2)		
KP	211,2	217,2	0,885	7
KN	234,2	252,6	2,628	7
P1	201,2	209,6	1,2	7
P2	210	220,6	1,342	7
P3	218	229	1,571	7

Hasil perhitungan menunjukkan laju pertumbuhan relatif eceng gondok tertinggi diperoleh pada kontrol negatif (KN) yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname, yaitu sebesar 2,628 g/hari. Rata-rata penambahan berat basah eceng gondok KN sebesar 18g setelah 7 hari pemberian air PDAM konsentrasi 100%. Laju pertumbuhan relatif tertinggi eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname diperoleh pada perlakuan P3 yaitu sebesar 1,571 g/hari. Eceng gondok P2 memiliki rata-rata penambahan berat basah sebesar 10,6 g setelah 7 hari perlakuan, sedangkan eceng gondok P3 memiliki rata-rata penambahan berat basah sebesar 11 g setelah 7 hari perlakuan. Berat basah eceng gondok yang mengalami peningkatan pada perlakuan KP, P1, P2, dan P3 setelah pemberian air limbah tambak udang vaname menandakan adanya aktivitas penyerapan kadar amonia oleh eceng gondok. Amonia yang diserap eceng gondok digunakan dalam proses pertumbuhan biomassa yang dibuktikan dengan munculnya akar baru dan daun muda setelah perlakuan.



A B
Gambar 2. A) Akar Baru., B) Daun Muda

Laju pertumbuhan relatif eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname (KP, P1, P2, dan P3) lebih kecil dibandingkan laju pertumbuhan relatif eceng gondok yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname (KN). Eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname dengan kadar salinitas tinggi cenderung mengalami cekaman salinitas yang ditandai dengan warna daun menguning, kering, dan layu. Hal ini dikarenakan molekul garam (NaCl) yang terdapat pada air limbah tambak udang vaname cenderung mengikat molekul air (H₂O) yang menyebabkan eceng gondok kekurangan air. Kadar garam yang tinggi pada air limbah tambak udang vaname berpotensi menghambat proses penyerapan dan transpor air pada eceng gondok yang mengakibatkan sebagian stomata menutup untuk mengurangi laju transpirasi. Eceng gondok dalam kondisi cekaman salinitas lebih banyak melakukan respirasi dibandingkan fotosintesis, sehingga laju pertumbuhannya terhambat. Hal ini bertujuan untuk menjaga ketersediaan air di dalam organ eceng gondok, serta sebagai mekanisme eceng gondok untuk bertahan hidup dalam kondisi cekaman salinitas (Hamim, 2018; Kumar et al., 2021). Eceng gondok KN tidak mengalami cekaman salinitas karena tidak diberi air limbah tambak udang vaname, sehingga laju pertumbuhan relatifnya lebih tinggi dibandingkan eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname.

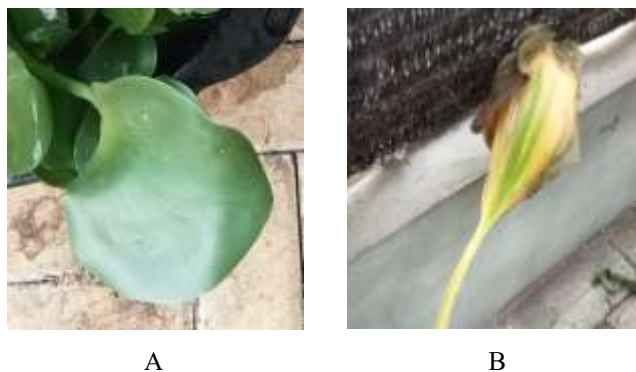
Air limbah industri batik yang mengandung logam krom heksavalen (Cr^{6+}) turut memberikan pengaruh signifikan terhadap penambahan berat basah eceng gondok. Laju pertumbuhan relatif tertinggi dari eceng gondok yang diberi air limbah industri batik sebesar 0,062 g/hari setelah 7 hari perlakuan dengan rata-rata penambahan berat basah sebesar 11,2 g. Laju pertumbuhan relatif terendah dari eceng gondok yang diberi air limbah industri batik sebesar 0,020 g/hari setelah 21 hari perlakuan dengan rata-rata penambahan berat basah sebesar 10,8 g. Pertumbuhan biomassa eceng gondok selama pemberian air limbah industri batik disertai dengan gejala klorosis, nekrosis, hingga kematian yang mempengaruhi laju pertumbuhan eceng gondok akibat cekaman logam berat krom heksavalen. Laju pertumbuhan eceng gondok semakin menurun seiring dengan waktu perlakuan yang semakin lama dan semakin banyak logam krom heksavalen yang terserap (Nugroho, 2021).

Pengamatan Morfologi Eceng Gondok

Pemberian air limbah tambak udang vaname mengakibatkan perubahan yang bersifat positif dan negatif terhadap morfologi eceng gondok. Perubahan morfologi eceng gondok yang bersifat positif terlihat dari adanya pertumbuhan pada organ eceng gondok, meliputi akar dan daun. Sedangkan perubahan morfologi eceng gondok yang bersifat negatif terlihat dari adanya perubahan warna pada batang dan daun, daun kering.

Warna Daun

Eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname (KP, P1, P2, P3) mengalami perubahan warna menjadi kekuningan (klorosis) dan beberapa diantaranya berwarna kecoklatan. Eceng gondok sebelum perlakuan KP, P1, P2, dan P3 menunjukkan warna hijau pekat. Eceng gondok KP mulai menunjukkan perubahan morfologi berupa daun yang berwarna hijau pucat, menggulung dan mengering pada hari ke7 setelah pemberian air limbah tambak udang vaname yang memiliki kandungan salinitas. Klorosis pada daun eceng gondok KP mulai terjadi pada hari ke3, sedangkan bagian daun yang menggulung semakin mengering dan berwarna kecoklatan. Warna daun eceng gondok KP semakin menguning dan kering pada hari ke5 pemberian air limbah tambak udang vaname.



Gambar 3. A). Daun Sebelum Perlakuan, B). Daun Sesudah Perlakuan.

Warna daun eceng gondok P1, P2, dan P3 secara keseluruhan menunjukkan gejala klorosis berupa perubahan warna menjadi hijau kekuningan, jika dibandingkan dengan warna daun eceng gondok pada hari ke-0. Klorosis pada eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname disebabkan oleh kandungan kadar salinitas. Proses fotosintesis yang terjadi pada daun eceng gondok cenderung terhambat pada medium pertumbuhan dengan kadar garam (NaCl) tinggi yang menyebabkan klorosis dan penuaan pada daun muda. Konsentrasi klorida (Cl) yang tinggi menyebabkan daun nekrosis dan mengering pada bagian tepi, sedangkan konsentrasi natrium (Na) yang tinggi menyebabkan daun berwarna kecoklatan dan pertumbuhannya terhambat (Hannachi et al., 2022). Semakin

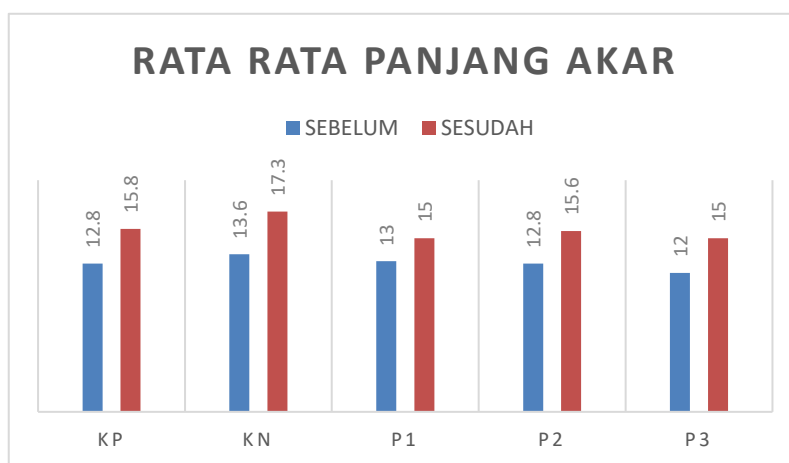
lama waktu pemberian air limbah tambak udang vaname juga menyebabkan semakin banyak daun eceng gondok yang mengalami klorosis hingga gejala kematian. Daun eceng gondok yang mengalami gejala kematian berupa perubahan warna menjadi coklat dan layu banyak ditemukan pada perlakuan KP dengan kadar salinitas ppt setelah 7 hari pemberian air limbah tambak udang vaname konsentrasi 100%, serta eceng gondok P1 dengan kadar salinitas 2,5 ppt setelah 7 hari pemberian air limbah tambak udang vaname konsentrasi 50%. Gejala kematian pada daun paling sedikit ditemukan pada perlakuan P3 dengan kadar salinitas 1,25 ppt setelah 7 hari pemberian air limbah tambak udang vaname konsentrasi 50%.

Cekaman salinitas menyebabkan gangguan fisiologis pada daun eceng gondok. Kandungan salinitas meningkatkan produksi Reactive Oxygen Species (ROS) yang menyebabkan kerusakan DNA atau double-stranded breaks (DSB). Dampak akumulasi ROS dan kerusakan DNA berupa klorosis pertama kali terlihat pada daun tua dibandingkan daun muda. Akumulasi ROS dan kerusakan DNA pada daun muda cenderung terhambat oleh Ataxia Telangiectasia Mutated (ATM) yang berfungsi sebagai transduser antara sensor DSB dan remodeling kromatin yang menekan induksi faktor transkripsi NAC (NAM, ATAF, dan CUC) yang berhubungan dengan penuaan daun. Kondisi cekaman salinitas yang terjadi pada eceng gondok turut meningkatkan produksi asam absisat atau abscisic acid (ABA) yang berikatan pada reseptor PYL9. Aktivasi PYL9 meningkatkan ekspor gula dan mempercepat proses penuaan pada daun tua melalui faktor transkripsi NAC. Sedangkan aktivitas PYL9 pada daun muda cenderung bersifat menghambat pertumbuhan serta meningkatkan gradien potensial osmosis dan konsentrasi zat terlarut melalui SNF1-Related Protein Kinases (SnRKs). Peningkatan konsentrasi zat terlarut pada daun muda berpengaruh terhadap meningkatnya gradien potensial osmosis antar daun yang memfasilitasi proses pengambilan air sebagai mekanisme dalam bertahan hidup pada kondisi cekaman salinitas. Daun muda memiliki kemampuan bertahan hidup yang lebih baik sehingga gejala penuaan berupa klorosis lebih banyak ditemui pada daun tua. Selain itu, daun muda tetap mampu mengalami pertumbuhan meskipun daun tua mengalami klorosis dan penuaan (Rankenberg et al., 2021).

Eceng gondok yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname pada perlakuan KN tumbuh dengan baik, tidak menunjukkan gejala klorosis. Namun pada hari 6 daun mulai menunjukkan klorosis. Klorosis terjadi akibat kekurangan nutrisi, meskipun tanpa disertai gejala kematian berupa daun berwarna kecoklatan, keriting, menggulung, kering dan layu seperti yang terjadi pada eceng gondok dengan cekaman salinitas. Hal ini dikarenakan medium pertumbuhan eceng gondok KN hanya berupa air PDAM konsentrasi 100% tanpa penambahan air limbah tambak udang vaname maupun nutrisi tambahan, sehingga kadar nutrisi yang terdapat pada medium pertumbuhan semakin berkurang seiring berjalannya waktu. Gejala klorosis umumnya terjadi pada tumbuhan yang kekurangan unsur hara nitrogen (N), kalium (K), magnesium (M), besi (Fe), dan seng (Zn) (Koryati *et al.*, 2021). Eceng gondok yang diberi air limbah industri batik yang mengandung logam krom heksavalen (Cr^{6+}) turut menunjukkan perubahan morfologi berupa klorosis, nekrosis, hingga gejala kematian. Perubahan morfologi tersebut disebabkan oleh kondisi cekaman logam berat akibat penyerapan logam krom heksavalen dengan kadar tinggi, yaitu sebesar 1,530 mg/L. Gejala klorosis serta nekrosis pada sebagian batang dan daun eceng gondok mulai teramati sejak hari ke-3 pemberian air limbah industri batik. Eceng gondok mulai mengalami kematian sebanyak > 5 individu pada hari ke-14 pemberian air limbah industri batik. Kondisi cekaman logam berat pada eceng gondok semakin parah pada hari terakhir atau hari ke-21 yang ditunjukkan dengan gejala klorosis, nekrosis, tepi daun menggulung, mengering, serta kematian yang menyerang > 10 individu (Nugroho, 2021).

Panjang Akar

Pertumbuhan akar eceng gondok P1, P2, dan P3 mengalami peningkatan sebanding dengan kontrol negatif (KN) maupun kontrol positif (KP). Pertumbuhan akar eceng gondok KN yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname lebih tinggi dibandingkan KP, P1, P2, maupun P3 yang diberi air limbah tambak udang vaname. Pertumbuhan akar eceng gondok tertinggi diperoleh pada perlakuan KN dengan rata-rata pertumbuhan panjang akar sebesar 3,7 cm pada hari ke7. Pertumbuhan tertinggi dari akar eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname terdapat pada perlakuan P3 dengan pertumbuhan panjang akar 3 cm pada hari ke7. Pertumbuhan terendah dari akar eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname terdapat pada perlakuan KP dan P1 dengan pertumbuhan panjang akar 2cm pada hari ke7.



Gambar 4. Diagram Hasil Pengukuran Panjang Akar

Pertumbuhan optimal akar eceng gondok yang diberi air limbah tambak udang vaname terdapat pada perlakuan P3 dibandingkan P1 maupun P2. Hal ini dikarenakan panjang akar eceng gondok mampu bertambah sebesar 3 cm setelah 7 hari perlakuan, sedangkan rata-rata panjang akar eceng gondok P2 hanya bertambah sebesar 2,8 cm setelah 7 hari perlakuan dan panjang akar eceng gondok P1 hanya bertambah sebesar 2 cm setelah 7 hari perlakuan.

Akar merupakan organ pertama dari eceng gondok yang bersinggungan langsung dengan air limbah tambak udang vaname sebagai medium pertumbuhannya. Akar berfungsi menyerap unsur hara dan air untuk didistribusikan ke seluruh organ eceng gondok. Menurut Advinda (2018), pertumbuhan akar lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan tajuk pada tanaman dengan kondisi kekurangan air dan unsur hara. Hal ini dikarenakan dalam kondisi tersebut, eceng gondok cenderung memperpanjang akarnya sebagai upaya mencari air dan unsur hara yang dibutuhkan untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Akar eceng gondok yang diberi maupun yang tidak diberi air limbah tambak udang vaname mengalami pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan bagian daun maupun batang. Cekaman salinitas yang terjadi akibat pemberian air limbah tambak udang vaname KP, P1, P2, dan P3 mengakibatkan eceng gondok kekurangan air. Eceng gondok KN yang tumbuh dalam medium berupa air tanpa penambahan nutrisi mengakibatkan eceng gondok kekurangan unsur hara. Hal ini sejalan dengan Nugroho (2021), yang menyatakan bahwa eceng gondok yang diberi dan yang tidak diberi air limbah industri batik dengan kandungan logam krom heksavalen (Cr^{6+}) tetap mengalami pemanjangan akar meskipun bagian batang dan daunnya mengalami nekrosis. Akar eceng gondok yang diberi air limbah industri batik mengalami pemanjangan sebesar ± 10 cm, sedangkan akar eceng gondok yang

tidak diberi air limbah industri batik mengalami pemanjangan sebesar ± 15 cm. Eceng gondok yang mengalami cekaman logam berat akibat pemberian air limbah industri batik yang mengandung logam krom heksavalen turut mengalami kekurangan air dan unsur hara selama perlakuan tanpa pemberian nutrisi tambahan (Nugroho, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa air limbah tambak udang vaname berpengaruh terhadap pertumbuhan eceng gondok. Eceng gondok mampu tumbuh dan mengalami penambahan biomassa setelah diberi air limbah, meskipun laju pertumbuhannya menurun dibandingkan dengan eceng gondok yang tidak diberi limbah. Perlakuan dengan konsentrasi limbah 50% (P3) menghasilkan laju pertumbuhan relatif tertinggi di antara perlakuan lain yang mengandung limbah, yaitu sebesar 1,571 g/hari. Sementara itu, kontrol negatif (KN) yang hanya menggunakan air PDAM menunjukkan laju pertumbuhan relatif tertinggi secara keseluruhan sebesar 2,628 g/hari. Gejala klorosis, nekrosis, dan penurunan panjang akar teramati pada eceng gondok yang diberi air limbah dengan konsentrasi tinggi, menandakan adanya cekaman salinitas yang menghambat proses fisiologis tanaman. Meskipun demikian, eceng gondok tetap menunjukkan respons adaptif berupa pertumbuhan akar dan daun baru, yang mengindikasikan kemampuannya sebagai agen fitoremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayanda, O. I., Ajayi, T., & Asuwaju, F. P. (2020). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: uses, challenges, threats, and prospects. *Scientific World Journal*, 4(1), 21-72.
- Dugassa, H., & Gaetan, D. G. (2018). *Biology of White Leg Shrimp, Penaeus vannamei: Review*. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 10(2), 5- 17.
- Fatimah, L. N., Istikomah, & Sari, B. P. (2018). Probioga: Paket Teknologi Ipal Terintegrasi Biosolar Sel Berbasis Mikroalga Sebagai Upaya Reduksi Pencemaran Air Akibat Limbah Tambak Udang Di Pesisir Pantai Trisik. *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*, 2(1), 34-41.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., Suwito, & Maury, H. M. (2018). Konsentrasi Amoniak, Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Distrik Depare, Kabupaten Jayapura. *EnviroScienceteae*, 14(1), 8-15.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2019). Petunjuk Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Pembesaran Udang. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya.
- Kir, M., & Öz, O. (2015). *Effects Of Salinity On Acute Toxicity Of Ammonia And Oxygen Consumption Rates In Common Prawn, Palaemon Serratus (Pennat, 1777)*. *Journal Of The World Aquaculture Society*, 46(1), 76-82.
- Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). *Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article*. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 355-365
- Nadhif, M. (2016). *Pengaruh Pemberian Probiotik Pada Pakan Dalam Berbagai Konsentrasi Terhadap Pertumbuhan Dan Mortalitas Udang Vaname (Litopenaeus Vannamei)*. Skripsi, Universitas Airlangga, Program Studi Biologi, Surabaya.
- Nadhifah, I. I., Fajarwati, P., & Sulistiyowati, E. (2019). Fitoremediasi Dengan *Wetland System* Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Genjer (*Limnocharis Flava*), Dan Semanggi (*Marsilea Crenata*) Untuk Mengolah Air Limbah Domestic. *Al-Kauniyah: Journal of Biology*, 38-45

- Nguyen, THT et al., (2015). *Habitatsuitability Of The Invasive Water Hyacinthand Its Relation To Water Quality Andmacroinvertebrate Diversity In A Tropicalreservoir. Limnologica-Ecology Andmanagement Of Inland Waters* , 52, 67–74
- Noerhidajat, Setiawati, R., & Permadi, A. (2021). Urgensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dalam Budidaya Udang. *Info Akuakultur*, 8-14.
- Nugroho, P. A. (2021). *Efektivitas Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Fitoremediator Logam Krom Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Industri Batik Di Yogyakarta*. Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Program Studi Biologi, Jakarta.
- Nurhilal, O., Suryaningsih, S., Faizal, F., & Lesmana, R. (2020). Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Adsorben Pb Asetat. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(1), 46-52.
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112-125.
- Zahro, N., & Nisa, V. C. (2020). Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Domestik Dan Timbal Di Hilir Sungai Bengawan Solo Gresik Sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih Sekarang Dan Masa Depan. *Journal of Chemistry And Education*, 4(2), 73-83.