

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pangan yang semakin meningkat saat ini menyebabkan banyak bermunculan industri – industri kecil. Akan tetapi pertumbuhan industri ini memiliki efek samping yang kurang baik, sebab sebagian besar industri - industri kecil ini langsung membuang limbahnya ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena dalam limbahnya mengandung bahan berbahaya bagi lingkungan sekitar khususnya perairan (Hardyanti dan Suparni, 2007).

Industri tempe sanan merupakan salah satu industri kecil pada sebuah sentra industri berskala rumah tangga yang sekitar 70% penduduknya bekerja sebagai produsen tempe maupun kripik tempe. Sentra industri ini belum memiliki tempat penampungan dan pengolahan limbah tersendiri. Berbagai macam limbah yang berasal dari aktivitas proses produksi maupun non proses produksi dibuang langsung ke perairan. Limbah cair ini mengandung kandungan bahan cemaran organik yang tinggi seperti pati, lemak, minyak dan protein serta mengandung cemaran anorganik yaitu ammonia, nitrat dan fosfat (Wignyanto *et al.*, 2009). Jika limbah tersebut langsung dibuang ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu maka akan mengakibatkan pencemaran air yang berakibat pada kerusakan lingkungan dan mengganggu kehidupan organisme yang ada di dalam perairan.

Limbah cair menurut Soeparman dan Suparmin (2002), dapat didefinisikan sebagai gabungan atau campuran dari air dan bahan – bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik, sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air

tanah, air permukaan, atau air hujan. Jenie dan Winiati (1993) menerangkan bahwa degradasi limbah secara biologik merupakan proses yang terjadi alamiah. Sistem biologik yang terkendali dan tidak terkendali merupakan sistem utama yang digunakan untuk menangani limbah organik.

Nitrogen terdapat pada limbah organik dalam berbagai bentuk yang meliputi empat spesifikasi, seperti nitrogen organik, nitrogen ammonia (ion ammonia dan ammonia bebas), nitrogen nitrit dan nitrogen nitrat. Siregar (2005), menerangkan bahwa dalam air limbah yang dingin dan segar terdapat kandungan nitrogen organik yang relatif lebih tinggi daripada nitrogen ammonia. Begitu pula sebaliknya, dalam air limbah yang hangat kandungan nitrogen organik relatif lebih rendah daripada nitrogen ammonia. Nitrit dan nitrat terdapat dalam air limbah dengan konsentrasi yang sangat rendah.

Fosfat merupakan elemen yang sangat penting dalam proses metabolisme organisme biologis. Fosfat terdapat dalam air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Fosfat terdapat dalam tiga bentuk yaitu H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Fosfat umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) atau ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}) sedangkan PO_4^{3-} lebih sulit diserap oleh tanaman (Winarno, 2008). Ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman, sedangkan polifosfat harus terlebih dahulu mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor.

Kandungan limbah yang tinggi memerlukan teknologi alternatif pengolahan limbah cair yang berwawasan lingkungan dan mudah diterapkan oleh masyarakat sekitar. Salah satu alternatifnya adalah penggunaan fitoremediasi. Fitoremediasi menurut Juhaeti *et al.* (2005), adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan

polutan dari tanah atau perairan dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* (langsung di lapangan) yang terkontaminasi limbah. Konsep pengolahan air limbah menggunakan media tanaman telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah bahan berbahaya dan beracun (B3) atau untuk limbah radioaktif.

Fitoremediasi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode lain seperti dengan cara kimia dan fisika. Tjahaja dan Putu (2007), menerangkan bahwa kelebihan dengan menggunakan fitoremediasi antara lain: teknologinya *in-situ*, modal proses relatif kecil, tidak menimbulkan gangguan pada lingkungan, dan dapat diterima oleh masyarakat awam. Pada metode fisika dari segi waktu sangatlah efektif tetapi seringkali menyebabkan pemindahan kontaminan. Sedangkan pada metode kimia menggunakan bahan kimia sehingga ada kemungkinan timbulnya kontaminan baru. Selain itu metode fisika dan kimia memiliki kelemahan pada biaya yang dikeluarkan relatif sangat mahal dibandingkan dengan fitoremediasi.

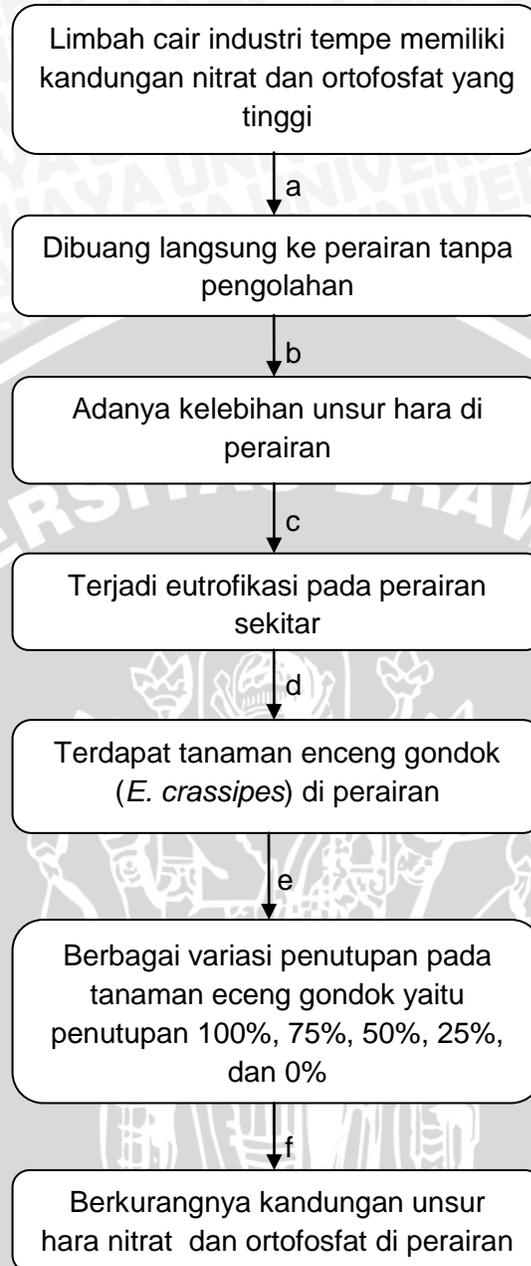
Tumbuhan air yang dapat digunakan sebagai fitoremediasi adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Tanaman ini dapat menurunkan kadar nitrat dan ortofosfat yang berlebih di perairan dengan cara memanfaatkan nitrat dan ortofosfat untuk pertumbuhannya. Tanaman ini juga dapat mengakumulasi limbah, baik berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki perbedaan dengan tanaman air lainnya, seperti memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mengangkut berbagai pencemaran yang ada (*multiple uptake hyperaccumulator plant*) dan memiliki kemampuan mengangkut pencemaran yang bersifat tunggal (*specific uptake hyperaccumulator plant*).

Tanaman ini pula memiliki kemampuan menyerap ataupun mengakumulasi zat pencemar dari dalam air limbah (Rukmi *et al.*, 2013).

Berdasarkan hal di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai kemampuan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan kepadatan 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dalam menurunkan kadar nitrat dan ortofosfat di perairan. Sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai alternatif pengelolaan limbah industri tempe.

1.2 Rumusan Masalah

Pertumbuhan kebutuhan penduduk yang terus meningkat diikuti dengan peningkatan pembangunan industri di Indonesia, salah satunya adalah industri tempe. Banyaknya industri tempe saat ini sebanding dengan limbah yang dihasilkan. Limbah tempe merupakan limbah cair organik yang banyak mengandung unsur hara. Pada konsentrasi yang tinggi dapat membahayakan suatu perairan karena dapat mengakibatkan eutrofikasi jika tidak ada pengolahan terlebih dahulu. Untuk mengurangi dampak dari limbah cair yang dihasilkan dari industri tempe seperti kandungan nitrat dan ortofosfat maka perlu adanya pengolahan limbah dengan cara biologi menggunakan agen hayati (tanaman air) seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Hal diatas dapat dijelaskan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peranan Eceng gondok (*E. crassipes*) dalam menurunkan Kandungan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tempe

Keterangan:

- a. Limbah cair industri tempe mengandung unsur hara berupa nitrat dan ortofosfat dengan konsentrasi tinggi yang dibuang langsung ke perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu

- b. Dengan tidak ada pengolahan limbah cair tempe sebelum dibuang, dapat meningkatkan masuknya unsur hara ke dalam perairan sehingga perairan mengalami kelebihan unsur hara
- c. Unsur hara yang meningkat di perairan dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi sehingga meningkatkan produktivitas primer
- d. Tanaman eceng gondok (*E. crassipes*) menyerap unsur hara yang berlebihan yang terdapat di perairan yang digunakan untuk pertumbuhannya
- e. Tanaman ini memanfaatkan unsur hara sehingga kandungan nitrat dan ortofosfat berkurang dan mencegah terjadinya eutrofikasi pada suatu perairan. Dengan menggunakan variasi perlakuan penutupan tanaman yaitu sebesar: 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%
- f. Tanaman eceng gondok (*E. crassipes*) dapat digunakan sebagai pengolahan secara biologi pada limbah cair industri tempe yang menghasilkan senyawa anorganik seperti nitrat dan ortofosfat yang dapat berkurang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Untuk mengetahui pengaruh penutupan permukaan air oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap penurunan kadar nitrat (NO_3^-) dan ortofosfat (PO_4^{3-}) pada limbah cair industri tempe.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- H0: Diduga bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sampai penutupan 100% tidak ada perbedaan dalam menurunkan kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) diperairan

- H1: Diduga bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sampai penutupan 100% ada perbedaan dalam menurunkan kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) diperairan.

1.5 Kegunaan Penelitian

Kegunaan yang di dapat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagi pembaca dapat memberikan informasi mengenai kemampuan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai agen fitoremidiasi dalam menurunkan kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) dalam limbah cair industri tempe.
- Bagi pemerintah digunakan sebagai sumber informasi dan rujukan dalam menentukan kebijakan serta peraturan guna pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan serta peningkatan dan kelestarian kualitas air.

1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini pada bulan Januari – Februari 2015 di Laboratorium Reproduksi sebagai tempat percobaan dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Pengukuran kualitas air dan analisis kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) dalam limbah cair industri tempe dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Pencemaran adalah kerusakan atau gangguan pada struktur lingkungan yang dilakukan oleh manusia akibat masuknya zat atau energi yang berbahaya ke dalam lingkungan secara tidak bertanggung jawab yang bisa membahayakan lingkungan hidup dan sistem lingkungan (Holdgate, 1979 *dalam* Alloway and Ayres, 1997). Kontaminasi digunakan untuk situasi dimana suatu zat terdapat dalam lingkungan tersebut, tetapi tidak membahayakan. Pencemaran dapat diartikan juga sebagai gangguan yang membahayakan lingkungan sekitar. Dengan meningkatnya metode analisis dan diagnosis, perbedaan itu menjadi terlihat jelas dan menyebabkan efek yang sangat berbahaya dan digambarkan dengan kontaminasi yang telah menjadi polusi (Alloway and Ayres, 1997).

Suatu lingkungan menurut Siahaan (2004), dapat dikatakan tercemar apabila memenuhi unsur – unsur seperti masuk atau dimasukkannya komponen – komponen (makhluk hidup, zat, energi, dan lain sebagainya) ke dalam lingkungan atau ekosistem lingkungan oleh kegiatan manusia, timbul perubahan atau menurunkan mutu yang lebih rendah hingga ke tingkat tertentu, fungsi lingkungan menjadi berkurang atau tidak dapat berfungsi. Untuk menentukan apabila terjadi pencemaran, harus diperoleh data, informasi dan kelengkapan lain secara lengkap, baik sebelum terjadi pencemaran, maupun apabila sudah terjadi suatu pencemaran. Maka dari itu, data – data teknis mengenai ekosistem tersebut pada waktu sebelum pencemaran akan sangat membantu indikasi sejauh mana telah terjadi pencemaran atau kerusakan ekologis. Jadi, perlunya diterapkan sistem Baku Mutu Lingkungan (Environmental Quality Standard) sebab dengan sistem ini akan mudah diketahui

mengenai penyimpangan yang terjadi berdasarkan garis ambang batas yang ditentukan menurut Baku Mutu Lingkungan.

Dalam penganggulangan pencemaran air, yang perlu diperhatikan terlebih dahulu adalah sumber pencemaran, material pencemaran, sifat dan karakteristik bahan pencemar. Kemudian dilakukan pengambilan keputusan untuk mengatasi pencemaran. Pencemaran air berpengaruh terhadap kondisi kesehatan dan lingkungan perairan. Perlu dilakukan penggolongan atas kelas sumber air sebagai langkah pencegahan untuk perlindungan sumber air dari pencemaran dan panduan bagi penetapan baku mutu air limbah. Penetapan baku mutu air limbah harus memperhatikan kelas badan air penerima dan tidak semata – mata hanya kepada jenis industrinya (Herlambang, 2006).

2.2 Fitoremediasi

Teknik pengolahan limbah dengan menggunakan tanaman dikenal dengan istilah fitoremediasi. Dengan kata lain fitoremediasi merupakan penggunaan tanaman, termasuk pohon – pohonan, rumput – rumputan dan tanaman air yang digunakan untuk menghilangkan atau memecahkan bahan – bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan. Aplikasi dari teknologi ini sering dilakukan secara komersial seperti di USA dan Eropa (Suryati dan Budhi, 2003).

Fitoremediasi menurut Wang *et al.* (2010), merupakan sebuah teknologi yang menggunakan tanaman dan mikroorganisme untuk membersihkan berbagai polutan yang berasal dari lumpur, sedimen, dan air. Tanaman ini membantu menyerap polutan yang terdapat pada tanah dan air untuk dibersihkan. Tanaman ini dapat menyerap kontaminan berat, seperti logam, pestisida, pelarut, bahan peledak,

hidrokarbon, minyak bumi, hidrokarbon aromatic polisiklik dan lain sebagainya sehingga dapat juga digunakan sebagai *indicator control* dari limbah berbahaya.

Metode fitoremediasi memiliki beberapa kelebihan, antara lain : teknologinya *in-situ*, modal proses relatif kecil, biaya yang dibutuhkan relatif kecil, tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan, dan dapat diterima oleh masyarakat awam. Akan tetapi metode fitoremediasi juga memiliki beberapa kelemahan seperti, proses pembersihan yang diperlukan relatif lama. Selain itu, kelemahan fitoremediasi adalah keefektifannya dipengaruhi musim serta serangan hama dan penyakit tanaman, dan apabila konsentrasi kontaminan tinggi dapat mengakibatkan fitotoksik dan menghambat pertumbuhan tanaman (Tjahaja dan Putu, 2007).

2.3 Air Limbah

Masalah utama yang dihadapi oleh pemukiman penduduk terutama di daerah perkotaan, yaitu masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan air limbah yang tidak tertangani dengan baik. Sedangkan Supriyatno (2000), menerangkan bahwa pengertian dari air limbah itu sendiri adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat – tempat lain. Dengan kata lain, air limbah dapat dikatakan sebagai air bekas yang tidak terpakai dan dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih sehingga terdapat perubahan karakteristik air.

Perubahan karakteristik air adalah perubahan komposisi air setelah digunakan oleh manusia. Perubahan dari komposisi air diakibatkan oleh masuknya substansi unsur yang dapat langsung terdegradasi, unsur yang tidak dapat langsung terdegradasi, nutrisi untuk organisme autotrof, logam berat, garam, air buangan

panas serta organisme patogen. Apabila substansi tersebut masuk ke dalam badan air akan memberikan pengaruh pada kehidupan organisme akuatik dan manusia, sehingga kehidupan manusia serta organisme menjadi terganggu (Cordova, 2008).

Bau busuk pada air buangan industri tempe menurut Ratnani *et al.* (2011), disebabkan oleh proses pemecahan protein yang mengandung sulfur atau sulfat tinggi oleh mikroba alam. Padatan yang terlarut dan tersuspensi pada air limbah pabrik tempe mengakibatkan air menjadi keruh. Zat yang menyebabkan air keruh adalah zat organik atau zat – zat tersuspensi dari tempe atau kedelai yang tercecceh sehingga air limbah berubah menjadi seperti emulsi keruh. Metode penurunan atau penghilangan substansi toksik dalam air limbah dengan media tanaman lebih dikenal dengan istilah fitoremediasi.

2.4 Limbah Organik

Limbah organik merupakan limbah yang paling besar mencemari lingkungan. Armando dan Sugito (2008), menerangkan bahwa limbah organik atau limbah basah adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup, seperti dedaunan dan limbah dapur. Limbah jenis ini sangat mudah terurai secara alami (*degradable*). Sedangkan limbah anorganik atau limbah kering adalah limbah yang tidak dapat terurai (*undegradable*). Karet, plastik, kaleng dan logam merupakan bagian dari limbah kering.

Secara sederhana, menurut Armando dan Sugito (2008), jenis limbah atau sampah dikelompokkan berdasarkan sifatnya. Limbah dipilah menjadi limbah organik dan anorganik. Pengaruh utama limbah organik yang masuk ke dalam air adalah menurunkan kandungan oksigen terlarut dan meningkatkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid*

(TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) yang merupakan parameter utama pencemaran air (Paramita *et al.*, 2012).

Degradasi limbah secara biologik merupakan proses yang berlangsung secara alamiah. Sistem biologik yang terkendali dan tak terkendali merupakan sistem utama yang digunakan untuk menangani limbah organik. Sistem ini mungkin menangani limbah cair atau padat, mungkin aerobik atau anaerobik, atau fakultatif, mungkin di dalam struktur yang terkendali atau di atas lahan. (Betty dan Rahayu, 1993).

2.5 Limbah Cair Industri Tempe

Jenis limbah yang dihasilkan oleh industri tempe adalah limbah padat (kering dan basah) dan limbah cair. Limbah padat kering terdiri atas kotoran yang tercampur dalam kedelai, misalnya kerikil, kulit, batang kedelai, serta kedelai cacat fisik atau rusak atau busuk. Limbah padat kering biasanya lebih mudah diatasi dan tidak menimbulkan masalah, misalnya dengan dibakar ataupun dikubur dalam tanah. Limbah padat basah berupa kulit kedelai setelah mengalami proses perebusan dan perendaman. Limbah ini biasanya berbau asam dan busuk. Limbah padat basah, khususnya kulit kedelai, masih dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak dan pupuk tanaman. Sedangkan limbah cair merupakan air bekas pencucian, perendaman dan perebusan kedelai. Limbah ini juga berbau asam dan busuk yang sangat menyengat (Suprapti, 2003).

Komponen utama limbah cair menurut Hambali *et al.* (2007), adalah air (99%), sisanya yaitu bahan padat yang bergantung pada asal buangan tersebut. Tidak semua limbah cair dapat dimanfaatkan untuk kepentingan yang lain seperti sebagai bahan baku penghasil biogas, hanya limbah cair organik yang dapat digunakan sebagai bahan baku biogas. Limbah tersebut seperti urine hewan ternak, limbah cair

rumah tangga, dan limbah cair industri seperti industri tahu, tempe tapioca, brem, dan rumah potong hewan. Pengolahan limbah cair untuk biogas dilakukan dengan cara mengumpulkan limbah cair ke dalam digester anaerob yang diisi dengan media penyangga yang berfungsi sebagai tempat menempelnya bakteri anaerob.

Berbagai upaya untuk mengolah limbah cair industri tempe telah dicoba dan dikembangkan. Metode yang dikembangkan tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis metode pengolahan, seperti secara fisika, kimia dan biologi. Cara fisika, merupakan metode pemisahan sebagian dari beban pencemaran khususnya padatan tersuspensi atau koloid dari limbah cair dengan menggunakan gaya – gaya fisika. Cara kimia, dengan metode penghilangan atau konversi senyawa polutan yang terdapat dalam limbah cair dengan menambahkan bahan – bahan kimia atau reaksi kimia lainnya. Cara biologi dapat menurunkan kadar zat organik terlarut dengan menggunakan makhluk hidup (Husin, 2008).

2.6 Eceng Gondok Sebagai Agen Fitoremediasi

2.6.1 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Tumbuhan eceng gondok merupakan gulma air yang berasal dari Amerika Selatan. Eceng gondok mempunyai daya regenerasi yang cepat disebabkan potongan – potongan vegetatifnya yang terbawa arus air akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok memiliki kemampuan menyerap unsur hara senyawa organik dan unsur hara kimia dalam air limbah dalam jumlah besar. Akar eceng gondok berupa serabut yang penuh dalam bulu akar dan tudung akarnya berwarna merah. Bulu – bulu akar berguna untuk pegangan dan jangkar, serta sebagian besar berguna untuk mengabsorpsi zat makanan dalam air (Zaman dan Sutrisno, 2006).

Klasifikasi tanaman gulma air eceng gondok menurut Putera (2012), adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledoneae
Suku : Pontederiaceae
Marga : Eichornia
Jenis : *Eichornia crassipes*



**Gambar 2. Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)
(Sumber: Zipcodezoo, 2014)**

Eceng gondok adalah tanaman gulma di wilayah perairan, tumbuhan ini hidup terapung pada air yang memiliki aliran tenang. Tanaman ini berkembangbiak dengan cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Perkembangbiakan secara vegetatif dapat melipat ganda dua kali dalam waktu 7 – 10 hari. Eceng gondok dewasa terdiri dari akar, bakal tunas, tunas atau stolon, daun, petiole dan bunga. Daun - daun eceng gondok berwarna hijau terang berbentuk telur yang melebar atau hampir bulat dengan garis tengah sampai 15 sentimeter.

Secara fisiologis eceng gondok berperan secara tidak langsung dalam mengatasi pencemaran perairan. Oksigen dari hasil fotosintesis di daun, dan tangkai

daun ditransfer ke akar yang luas serta air yang terdapat di sekitarnya. Hal ini membuat rizosfer menyediakan lingkungan mikro dengan keadaan yang kondusif bagi bakteri nitrit. Oleh karena itu aktivitas dekomposisi oleh bakteri jenis ini seperti terjadinya perubahan amoniak menjadi nitrat lebih meningkat (Haryanti *et al.* 2010).

2.7 Ortofosfat

Fosfor adalah unsur yang diperlukan dalam jumlah besar (hara makro). Jumlah fosfor dalam tanaman lebih kecil dibandingkan dengan nitrogen atau kalium. Namun, fosfor dianggap sebagai kunci kehidupan (*key of life*). Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Menurut Tisdale (1985) dalam Rosmarkam dan Nasih (2002), kemungkinan P masih dapat diserap dalam bentuk lain, seperti bentuk pirofosfat dan metafosfat. Pendapat lain dari Thomson (1982) dalam Rosmarkam dan Nasih (2002), kemungkinan P diserap dalam bentuk senyawa fosfat organik yang larut air, misalnya asam nukleat dan phitin. Fosfor yang diserap tanaman berbentuk ion anorganik cepat berubah menjadi senyawa fosfor organik. Fosfor ini mudah bergerak antar jaringan tanaman. Kadar optimal fosfor dalam tanaman pada saat pertumbuhan vegetatif adalah 0,3% - 0,5% dari berat kering tanaman.

Ortofosfat dikatakan sebagai bentuk lain dari fosfor yang dapat terhidrolisis oleh asam. Ortofosfat dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air, baik melalui proses fisika (desorpsi), kimia (pelarutan) maupun biologi (proses enzimatis). Unsur fosfor menurut Lingga dan Marsono (2008), bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya tanaman muda dan akar benih. Fosfor juga berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi serta pernapasan, serta mempercepat penguapan,

pemasakan biji, dan buah. Tanah yang kekurangan fosforpun akan tidak baik akibatnya bagi tanaman. Gejala yang tampak ialah warna daun seluruhnya berubah terlalu tua dan sering tampak mengilap kemerahan. Tepi daun, cabang, dan batang terdapat warna merah ungu yang lambat laun berubah menjadi kuning. Kalau tanamannya berbuah, buahnya kecil, tampak jelek, dan lekas matang.

Ortofosfat merupakan salah satu unsur hara yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme. Keberadaan siklus P (fosfor) di alam sangat singkat dan mudah mengendap di dalam sedimen dan dalam bentuk organik yang terdapat pada mikroorganisme. Unsur P diperairan selalu berubah – ubah bentuknya karena aktivitas mikroba dalam proses dekomposisi atau penguraian (Sutiknowati, 2010).

2.8 Nitrat

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk utama nitrogen pada perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat dan merupakan proses yang penting dalam siklus nitrogen. Proses ini berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri Nitrobacter. Kedua jenis bakteri ini adalah bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Peranan utama nitrogen (N) bagi tanaman yaitu untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Nitrogen juga berperan dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis. Fungsi yang lain yaitu membentuk

protein, lemak, dan berbagai persenyawaan organik lainnya (Lingga dan Marsono, 2008).

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) menurut Ompusunggu (2009), adalah ion – ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas mikroba dalam tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik menjadi ammonia, setelah itu dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena itu nitrit dapat mudah dioksidasikan menjadi nitrat, dimana nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. Sampah organik hewan maupun manusia dapat meningkatkan kandungan nitrat di dalam perairan. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dapat mudah bermigrasi dengan air bawah tanah.

Nitrat (NO_3^-) dibentuk dari asam nitrit yang berasal dari ammonia melalui proses oksidasi katalitik. Nitrit juga merupakan hasil metabolisme dari siklus nitrogen. Nitrat dan nitrit merupakan komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, dimana nitrat mengikat tiga atom oksigen sedangkan nitrit mengikat dua atom oksigen. Di alam, nitrat telah berubah bentuk menjadi nitrit atau bentuk lainnya. Dalam keadaan normal, baik nitrit maupun nitrat merupakan komponen yang stabil, tetapi pada suhu tinggi akan tidak stabil dan dapat meledak pada suhu yang tinggi dengan tekanan besar. Adanya ion klorida, bahan metal tertentu dan bahan organik akan mengakibatkan nitrat dan nitrit menjadi tidak stabil. Bentuk garam dari nitrat maupun nitrit berwarna dan tidak memiliki bau maupun rasa, serta bersifat higroskopis (Manampiring, 2009).

2.9 Parameter Kualitas Air Pendukung

2.9.1 DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) adalah kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman air serta hewan air. Kehidupan makhluk hidup yang terdapat di air tersebut tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan bagi kehidupannya. Ikan adalah makhluk air yang memerlukan oksigen terbanyak, kemudian invertebrata, dan yang terkecil untuk kebutuhan oksigennya adalah bakteri. Konsentrasi oksigen terlarut minimal bagi kehidupan biota tidak boleh kurang dari 6 ppm. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dapat berasal dari suatu proses fotosintesis tanaman air, di mana jumlahnya tidak tetap tergantung dari jumlah tanamannya, dan tergantung dari atmosfer (udara) yang masuk ke dalam perairan dengan kecepatan terbatas (Fardiaz, 1992).

Atmosfer bumi mengandung oksigen sebesar 210 ml/liter. Oksigen adalah salah satu gas yang terlarut di dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami sangat bervariasi, tergantung suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Semakin tinggi suhu dan ketinggian (*altitude*) dan semakin rendah tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut akan semakin kecil (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003). Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, bergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke dalam badan air. Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi dari oksigen sebesar 10%. Dekomposisi bahan organik serta oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol disebut dengan kondisi anaerob (Brown, 1987 dalam Effendi, 2003).

Penambahan oksigen di dalam air dapat dilakukan dengan cara resirkulasi menggunakan pompa air dan pompa arus. Tetapi, peningkatan oksigen secara tidak terkendali akan menyebabkan terganggunya tanaman air yang hidup pada lingkungan tersebut. Masuknya oksigen ke dalam air akan menekan kandungan CO₂ yang digunakan untuk fotosintesis (Kuncoro, 2008).

2.9.2 Suhu

Suhu adalah parameter yang sangat penting dalam lingkungan perairan dan berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan perairan. Soesono (1974) dalam Rasyid (2010) menyatakan bahwa suhu merupakan salah satu sifat fisika air yang dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan organisme perairan, selain itu suhu juga berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut dalam air. Suhu permukaan di perairan Indonesia berkisar antara 26°C – 30°C. Tingginya intensitas penyinaran menyebabkan penyerapan panas ke dalam air laut lebih tinggi sehingga suhu air menjadi maksimum. Begitu pula sebaliknya, apabila intensitas penyinaran rendah akan menyebabkan penyerapan panas ke dalam air menjadi rendah sehingga suhu air menjadi minimum.

Pengaruh radiasi cahaya matahari pada waktu siang hari terhadap variasi suhu perairan tergantung dari aliran radiasi panas menembus lapisan permukaan ke dalam kolom air (*head budget*). Pada waktu siang hari, letak matahari dapat dikatakan tegak lurus di atas permukaan air, sehingga energi panas yang diterima lebih banyak. Sebagian energi ini akan dipantulkan dan besarnya tergantung dari sudut antara berkas cahaya datang dengan permukaan. Semakin kecil sudut datang karena pengaruh permukaan air maka semakin banyak cahaya yang dapat

dipantulkan sehingga akhirnya semakin kecil energi panas yang diserap ke dalam kolom air (Pickard and Emery, 1990 dalam Patty dan Adrie, 2007).

Bagi tumbuhan air, suhu merupakan hal yang perlu untuk diperhatikan. Umumnya semakin tinggi suhunya, laju fotosintesis akan meningkat, demikian juga sebaliknya. Namun bila suhu terlalu tinggi, fotosintesis akan berhenti karena enzim – enzim yang berperan dalam fotosintesis rusak. Oleh karena itu tumbuhan menghendaki suhu optimum (tidak terlalu rendah atau terlalu tinggi) agar fotosintesis berjalan secara efisien. Sehingga menurut Nurhayati (2006), pengamatan suhu merupakan parameter yang tidak dapat ditinggalkan dalam sebuah penelitian ilmiah. Hal ini disebabkan karena berbagai aspek distribusi parameter seperti reaksi kimia dan proses biologi adalah fungsi dari suhu, sehingga suhu ini menjadi suatu variabel yang menentukan.

2.9.3 pH (*Potential of Hydrogen*)

pH atau derajat keasaman air menurut Ghufran dan Kordi (2010), menunjukkan aktivitas ion hidrogen yang terdapat di larutan dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol perliter) pada suhu tertentu, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{pH} = - \log (\text{H}^+)$$

Air murni (H_2O) bersosiasi sempurna sehingga memiliki ion H^+ dan OH^- dalam konsentrasi yang sama dan dalam keadaan demikian, pH air murni = 7. Semakin meningkat konsentrasi H^+ , semakin rendah konsentrasi ion OH^- dan $\text{pH} < 7$, perairan menjadi asam. Sebaliknya, jika konsentrasi OH^- yang tinggi $\text{pH} > 7$ menyebabkan perairan bersifat alkalis (basa). Perairan umum dengan aktivitas fotosintesis dan respirasi organisme yang hidup di dalamnya membentuk reaksi rantai karbonat – karbonat sebagai berikut:



Apabila CO_2 yang dihasilkan pada proses respirasi semakin banyak, reaksi bergerak ke kanan dan secara bertahap melepaskan ion H^+ yang mengakibatkan pH air menurun. Reaksi sebaliknya terjadi dengan aktivitas fotosintesis yang membutuhkan banyak ion CO_2 sehingga pH air mengalami peningkatan.

Tingkat keasaman (pH) pada perairan adalah parameter kualitas air yang penting dalam ekosistem perairan. Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem. Proses fotosintesis memerlukan karbon dioksida, yang diubah menjadi monosakarida oleh komponen autotrof. Penurunan karbon dioksida akan menyebabkan kenaikan pH perairan. Proses respirasi oleh semua komponen ekosistem dan proses perombakan bahan organik dan anorganik oleh bakteri menyebabkan peningkatan karbon dioksida sehingga pH perairan mengalami penurunan (Izzati, 2012).

pH perairan menurut Mahyuddin (2010), dipengaruhi oleh konsentrasi CO_2 dan berbagai senyawa yang bersifat asam. Pada malam hari, fitoplankton dan tanaman air mengonsumsi oksigen dalam proses respirasi yang menghasilkan karbon dioksida (CO_2). Hal ini mengakibatkan nilai pH mengalami penurunan. Semakin tinggi kandungan karbon dioksida, nilai pH semakin rendah karena asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk semakin meningkat. Meningkatnya kadar karbon dioksida selalu diikuti dengan menurunnya kadar oksigen. Pada siang hari terjadi proses fotosintesis, sehingga pH suatu perairan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan tanaman air dan fitoplankton mengonsumsi karbon dioksida (CO_2). pH perairan akan mempengaruhi proses kehidupan yang terdapat di dalam perairan.

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) pada limbah cair perendaman akhir industri tempe dalam media air aquadest. Sedangkan untuk parameter pendukung kualitas air yang digunakan meliputi suhu, derajat keasaman (pH) dan oksigen terlarut (DO).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk pengukuran parameter pada penelitian ini dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Sedangkan fungsi alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Gedung D lantai 1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang serta Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan (LBP) Gedung C lantai 1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Analisa kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan (LBP) Gedung C lantai 1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Sedangkan untuk pengukuran kualitas air pendukung meliputi suhu, derajat keasaman (pH), Oksigen terlarut (DO) dan penyimpanan aquarium percobaan pada penelitian ini bertempat di Laboratorium Reproduksi Gedung D lantai 1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Sampel yang digunakan pada

penelitian ini didapatkan dari industri rumah tangga yang berlokasi di Jalan Sanan, Malang. Tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) didapatkan di daerah Senggreng – Sumberpucung, Malang.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan salah satu metode penelitian ilmiah dimana penelitian memanipulasi dan mengontrol satu atau lebih variabel bebas dan melakukan pengamatan terhadap variabel terikat untuk menemukan variasi yang muncul bersamaan dengan manipulasi terhadap variabel bebas tersebut (Setyanto, 2005). Sementara itu Isaac dan Michael (1997) menerangkan bahwa penelitian eksperimen bertujuan untuk meneliti kemungkinan sebab akibat dengan mengenakan satu atau lebih kondisi perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tersarang. Rancangan acak lengkap ini menurut Sampurna dan Tjokorda (2013), merupakan rancangan percobaan dengan materi homogen atau tanpa peubah pengganggu, terdiri dari dua peubah bebas atau faktor dalam klasifikasi tersarang yaitu Faktor A terdiri dari a taraf dan Faktor B terdiri dari b taraf yang tersarang (tergantung) dari pada Ai. (taraf B pada A1 tidak sama dengan taraf B pada A2 dan seterusnya) Rancangan ini seolah-olah terdiri dari dua atau lebih Rancangan Acak Lengkap yang responsnya sama kemudian digabung menjadi satu model percobaan. Penelitian ini terdiri dari 5 jenis perlakuan yaitu perlakuan menggunakan jenis tanaman air eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan berbagai variasi penutupan tanaman yaitu penutupan 100%, 75%, 50%,

25% dan 0% sebagai kontrol (tanpa tanaman) dengan pengulangan masing - masing sebanyak 3 (tiga) kali sehingga dibutuhkan 15 bak atau aquarium pada penelitian ini. Pengukuran nitrat dan ortofosfat dilakukan setiap 2 hari sekali selama 8 hari penelitian.

Adapun penempatannya atau *lay out* aquarium percobaan dilakukan secara acak dengan menggunakan software *Ms. Excel 2010*, adapun tata letak penempatan aquarium dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah ini :

C3	D3	E2	B2	A2
A1	D1	D2	B3	C1
E1	C2	E3	B1	A3

Gambar 3. Denah atau Lay out Aquarium Percobaan

Keterangan :

- Bak A : perlakuan penutupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 100%
- Bak B : perlakuan penutupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 75%
- Bak C : perlakuan penutupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 50%
- Bak D : perlakuan penutupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 25%
- Bak E : Tanpa perlakuan atau kontrol
- 1,2,3 : Ulangan

3.4.1 Tahapan Penelitian

a. Persiapan Aquarium

Menyiapkan Aquarium yang terbuat dari bahan kaca dan memiliki ukuran 80 X 40 X 40 cm. Aquarium ini memiliki volume sebesar 128 liter. Volume media keseluruhan yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebesar 75 liter untuk 15 aquarium percobaan dimana setiap aquarium diberikan air media sebanyak 10 liter

menggunakan limbah cair tempe yang sudah diencerkan dengan aquades pada konsentrasi 25 % (Suryati dan Budhi, 2003).

b. Persiapan Limbah Cair Tempe

Menyiapkan limbah cair industri tempe yang akan digunakan untuk penelitian. Limbah cair tempe ini diambil dengan menggunakan jerigen dari industri tempe. Limbah cair tempe yang digunakan merupakan limbah cair perendaman akhir yang sifatnya berbau busuk dan memiliki busa. Larutan limbah cair tempe ini kemudian diencerkan dengan konsentrasi 25% (Yuliana *et al.*, 2013).

c. Penyortiran Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diperoleh dari suatu populasi dicuci bersih dengan menggunakan aquades kemudian, dipilih eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) menurut Yuliana *et al.* (2013), dengan kriteria yaitu berdaun segar berwarna hijau, sedangkan tinggi, akar, dan jumlah daun masing – masing individu eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dianggap homogen.

d. Aklimatisasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Aklimitasi dilakukan dengan memasukkan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang telah dipilih kemudian diaklimatisasi terlebih dahulu pada bak dengan menggunakan air bersih atau aquades dengan waktu pelaksanaan selama 3 hari sebelum dipindahkan ke dalam bak perlakuan. Aklimatisasi dilakukan dengan tujuan untuk mengatur kondisi tanaman agar dapat beradaptasi dengan kondisi air limbah yang akan digunakan (Rukmi *et al.*, 2013).

e. Memasukkan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) ke Dalam Aquarium

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang telah diaklimatisasi, dimasukkan ke dalam aquarium berukuran 80 X 40 X 40 cm yang sebelumnya telah diisi dengan limbah cair tempe yang sudah diencerkan dengan konsentrasi sebesar 25% menggunakan air aquades. Kemudian dimasukkan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang memiliki berat \pm 200 gram dan memiliki kondisi fisik yang bagus. Kondisi tersebut seperti memiliki daun dan akar masih segar, permukaan daunnya licin dan berwarna hijau serta memiliki ukuran yg relatif sama (Pangestu *et al.*, 2014).

1. Penelitian Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian utama dilakukan penelitian pendahuluan terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan volume limbah cair tempe dengan volume aquades untuk pengenceran. Persiapan penelitian dilakukan dengan cara menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian, dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Sampel limbah cair industri tempe yang digunakan adalah limbah perendaman akhir. Sampel tersebut diambil pada saat akhir produksi sekitar pukul 19.00 WIB di daerah Industri Tempe Sanan. Pengambilan sampel dengan menggunakan 2 buah botol sampel 600 mL. Selanjutnya diuji untuk menentukan kandungan nitrat dan ortofosfat pada limbah cair industri tempe di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya, Malang.

Pada penelitian pendahuluan ini didapatkan hasil bahwa kandungan nitrat pada air limbah industri tempe adalah 27,099 ppm. Sedangkan kandungan ortofosfat yang didapatkan adalah 17,341 ppm. Perairan dengan kadar ortofosfat antara 0,031 – 0,1 mg/L digolongkan dalam perairan eutrofik (Effendi, 2003). Kondisi perairan menurut

(Effendi (2003) dalam Barus *et al.* (2014)), dengan kandungan nitrat lebih dari 1 mg/L sudah berada pada kondisi tidak alami atau tergolong perairan dengan kesuburan yang tinggi.

Penentuan konsentrasi diperoleh dari perbandingan air limbah industri tempe yang dibandingkan dengan volume air aquades yaitu pada konsentrasi 25% (2,5 liter : 7,5 liter). Menurut Alamsyah dan Alia (2013), pada konsentrasi 100% dan 90% tanaman eceng gondok menjadi layu pada hari pertama dan mati pada hari kedua. Pada konsentrasi limbah 80% dan 70% tumbuhan masih segar pada hari pertama, menjadi layu pada hari kedua dan mati pada hari ketiga. Pada konsentrasi limbah 60% dan 50% tumbuhan tetap segar hingga hari keempat. Menurut Ibrahim (2014) pada konsentrasi 25% tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) masih tetap segar pada hari ke 6. Sehingga pada konsentrasi 25% digunakan sebagai konsentrasi pada penelitian utama selama 8 hari. Perbandingan konsentrasi 25% yang digunakan adalah perbandingan volume air limbah sebesar 2,5 liter dan volume air aquades yang digunakan sebesar 7,5 liter sebagai media tanam.

2. Penelitian Utama

Hasil dari penelitian pendahuluan didapatkan bahwa kandungan limbah industri tempe yang dibuang ke perairan memiliki kadar nitrat dan ortofosfat yang tinggi. Sehingga dapat mengakibatkan eutrofikasi di perairan tersebut. Oleh karena itu, untuk menurunkan kadar nitrat dan ortofosfat di perairan dapat dilakukan dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Selanjutnya dilakukan tahap persiapan, seperti tahap pertama dengan menyiapkan aquarium yang digunakan dan diletakkan secara acak. Kemudian melakukan pengukuran air

meliputi suhu, pH, DO (*Dissolved Oxygen*) dan analisis kandungan nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) sebagai nilai awal pada penelitian. Ditimbang tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang sudah diaklimatisasi dengan biomassa ± 200 gram. Selanjutnya dimasukkan ke dalam masing – masing aquarium sesuai dengan perlakuan penutupan tanaman yaitu 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% (sebagai kontrol). Menurut Rukmi *et al.* (2013), penentuan penutupan atau kepadatan tanaman eceng gondok ini berdasarkan atas penelitian terdahulu, yaitu eceng gondok dengan kepadatan 100% (15 rumpun), eceng gondok dengan kepadatan 75% (12 rumpun) dan eceng gondok dengan kepadatan 50% (8 rumpun), serta peneliti menambah variasi kepadatan 25% (5 rumpun) dengan pertimbangan untuk menghindari dropout apabila ada rumpun yang tidak bereaksi (jumlah awal 4 rumpun).

Selanjutnya dilakukan pengenceran pada limbah cair tempe dengan konsentrasi 25%. Pertama – tama, 2,5 liter limbah dimasukkan ke masing – masing aquarium, kemudian ditambahkan air aquades sampai batas 10 liter pada masing – masing aquarium yang digunakan untuk pembuatan media tanam dengan tinggi media air limbah setinggi 3,125 cm. Setelah diencerkan, dimasukkan ke dalam 15 bak penelitian, meliputi 3 bak untuk perlakuan penutupan 100% tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), 3 bak untuk perlakuan penutupan 75% tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), 3 bak untuk perlakuan penutupan 50% tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), 3 bak untuk perlakuan penutupan 25% tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), serta 3 bak untuk kontrol (tanpa tanaman). Pengamatan dilakukan selama 8 hari dengan pengukuran parameter utama yang dilakukan setiap 2 hari sekali disebabkan menurut Salisbury dan Rose (1995) bahwa setiap 2 hari terjadi pertumbuhan maksimum pada tumbuhan selain

itu, pada hari tersebut terjadi laju penyerapan paling tinggi atau maksimal oleh tanaman air. Oleh karena itu pengambilan sampel pada 2 hari sekali untuk mengetahui nitrat dan ortofosfat yang diserap oleh tumbuhan air dimana akan digunakan untuk proses pertumbuhan oleh tanaman tersebut. Analisis kualitas air dilakukan setiap hari pada waktu yang sama. Pengukuran biomassa tanaman diukur pada saat awal dan akhir penelitian.

3.4.2 Prosedur Pengukuran Kualitas Air Pada Media Tanaman

Pengukuran nitrat (NO_3^-) dan ortofosfat (PO_4^{3-}) pada limbah cair industri tempe dilakukan pada media air aquades (media tanam). Penelitian ini dilakukan setiap 2 hari sekali selama detensi waktu (lamanya waktu) 8 hari di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

a. Prosedur Pengukuran Nitrat

Prosedur pengukuran nitrat dengan spektrofotometer menurut Boyd (1982), adalah sebagai berikut:

1. Menyaring 12,5 ml air sampel dan tuangkan pada cawan porselin
2. Menguapkan di atas pemanas air sampai kering
3. Mendinginkan dan menambahkan 2 ml asam fenol disulfonik, kemudian aduk dengan pengaduk gelas
4. Mengencerkan dengan menggunakan 10 ml aquades
5. Menambahkan NH_4OH sampai terbentuk warna kuning
6. Mengencerkan dengan aquades sampai 12,5 ml
7. Memasukkan dalam tabung reaksi

8. Membandingkan dengan larutan standar pembanding yang telah dibuat, dan ukur absorbasinya baik secara visual atau dengan spektrofotometer (dengan panjang gelombang 410 nm).

b. Prosedur Pengukuran Ortofosfat

Prosedur pengukuran ortofosfat menurut Alianto *et al.* (2009), dengan spektrofotometer antara lain, sebagai berikut:

1. Menyaring 25 ml air sampel kemudian saring dan tuangkan ke dalam Erlenmeyer 50 ml
2. Menambahkan 2 ml ammonium molybdate-asam sulfat ke dalam masing – masing larutan standar yang telah dibuat dan digoyangkan sampai larutan tercampur
3. Menambahkan 5 tetes larutan SnCl_2 kemudian kocok. Warna biru akan timbul (10 – 12 menit) sesuai dengan kadar fosfornya
4. Kemudian bandingkan warna biru air sampel dengan larutan standar, baik secara visual atau dengan spektrofotometer (panjang gelombang 690 nm).

c. Suhu

Suhu air dapat diukur dengan menggunakan DO meter. Selain dapat mengukur oksigen terlarut diperairan, DO meter juga dapat digunakan untuk mengukur suhu perairan. Prosedur dalam menggunakan DO meter dapat dilakukan dengan cara mencelupkan alat DO meter keperairan. Kemudian mengamati nilai suhu yang ditunjukkan pada DO meter tersebut dan mencatat hasilnya (Syamsurisal, 2011).

d. Derajat Keasaman (pH)

Prosedur analisis dari derajat keasaman (pH) pada suatu perairan di lokasi penelitian menurut Sugara (2013), adalah sebagai berikut :

1. Melakukan kalibrasi pH meter dengan menggunakan larutan buffer atau aquades
2. Memasukkan pH meter ke dalam air sampel selama 2 menit
3. Menekan tombol "HOLD" pada pH meter untuk menghentikan angka yang muncul pada pH meter.

e. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Kadar oksigen terlarut (DO) dalam suatu perairan dapat diukur dengan cara menggunakan alat yang disebut DO meter. Menurut Musdalifah (2013), Pengukuran kadar oksigen terlarut (DO) dengan menggunakan DO meter dilakukan dengan cara yaitu sebagai berikut:

1. Menghidupkan alat DO meter
2. Mengatur alat DO meter untuk pengukuran penyesuaian terhadap suhu udara
3. Membaca dan mencatat suhu udara
4. Mengukur alat DO meter sehingga menunjukkan kadar sesuai dengan tabel kadar oksigen di udara pada suhu udara yang telah terbaca sebelumnya
5. Memasukkan magnet ke dalam botol KOB yang berisi penuh sampel air yang akan diukur kadar oksigen terlarutnya
6. Menutup botol sampai rapat dengan electrode ("probe") DO meter dan jangan sampai ada gelembung udara di dalam botol
7. Mengaduk sampel air pada botol dengan alat pengaduk magnet, sampai pembacaan skala pada alat stabil
8. Mencatat skala yang ditunjukkan pada alat sebagai kadar DO dalam satuan mg/L.

3.4.3 Analisis Parameter Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Analisis parameter dari pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan menentukan besarnya laju pertumbuhan relatif (Relative Growth Rate, RGR). RGR yaitu nilai yang menggambarkan perubahan berat (dX) per satuan waktu (dt), relatif terhadap berat (X), sebagaimana dijelaskan oleh Haridjaja *et al.* (2012) berikut ini:

$$RGR = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t}$$

Keterangan:

X_t : Bobot basah setelah waktu ke-t (gram) t : Waktu (hari)

X₀ : Bobot basah awal (gram) RGR : Pertumbuhan spesifik harian (%)

Adapun waktu kemampuan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk melakukan pembelahan menjadi individu baru (*Double Time*) ditentukan berdasarkan laju pertumbuhan relative tanaman (RGR), sebagai berikut:

$$DT = \frac{\ln 2}{RGR}$$

Penentuan presentase penyerapan kandungan nitrat dan ortofosfat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)} - \text{konsentrasi akhir larutan (mg/L)}}{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)}} \times 100\%$$

3.5 Analisa Data

Data yang didapatkan dari hasil penelitian, kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) tersarang. Metode analisis yang

digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) tersarang yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j(i) + \epsilon_{ijk}$$

Dengan : $i = 1, 2, 3, \dots, a$ $j = 1, 2, 3, \dots, b$ dan $k = 1, 2, 3, \dots, u$

Keterangan:

Y_{ijk} = Pengamatan Faktor A taraf ke- i , Faktor B taraf ke- j dan Ulangan ke- k

μ = Rataan umum

A_i = Pengaruh Faktor A pada taraf ke- i

$B_j(i)$ = Pengaruh Faktor B pada taraf ke- j pada A_i

ϵ_{ijk} = Pengaruh galat pada Faktor A taraf ke- i , Faktor B taraf ke- j dan Ulangan ke- k

Analisis keragaman (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan terhadap respon yang diukur dengan uji F pada taraf 5% dan 1%. Penarikan kesimpulan dilihat dari tabel ANOVA. Kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

- Jika nilai $F_{hitung} >$ nilai F_{tabel} 5% dan 1% maka tolak H_0 , berarti minimal ada satu perlakuan yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf kepercayaan 0,05 dan 0,01.
- Jika nilai $F_{hitung} <$ nilai F_{tabel} 5% dan 1% maka terima H_0 , berarti tidak ada perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda nyata pada taraf kepercayaan 0,05 dan 0,01.

Jika ditemukan hasil berbeda nyata, maka untuk melihat yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata, maka dilakukan uji t BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5% dan 1%. Model tersebut sesuai dengan sidik ragam dari RAL pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	Fhit	F tabel (5%, 1%)
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	KTP / KTG	F (α, db-p, db-g)
Waktu dalam Perlakuan	a(b-1)	JKA	KTW(A)	KTW / KTG	F (α, db-p, db-g)
Galat	ab(r-1)	JKG	KTG		
Total	abr-1	JKT			

(Sumber: Hanafiah, 1991)

Keterangan: t = Perlakuan Db = Derajat bebas
 r = Ulangan JK = Jumlah Kuadrat
 SK = Sumber Keragaman KT = Kuadrat Tengah

Uji BNT menurut Bonifasius dan Nainggolan (2009), didasarkan pada banyaknya pasangan perlakuan yang dibandingkan dalam satu percobaan. Jika hasil analisis keragaman atau sidik ragam ternyata berbeda nyata atau berbeda sangat nyata maka dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapatkan urutan perlakuan terbaik dengan menggunakan rumus:

$$BNT = \frac{ta}{2} x \sqrt{2 KTG/n}$$

Keterangan: BNT = beda nyata terkecil
 $\frac{ta}{2}$ = nilai t tabel pada selang kepercayaan α/2 (α = 0,05; α = 0,01)
 KTS = kuadrat tengah sisa
 n = jumlah ulangan

Kemudian tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata – rata terbesar → terkecil atau sebaliknya, tergantung parameter yang diamati. Kemudian dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan:

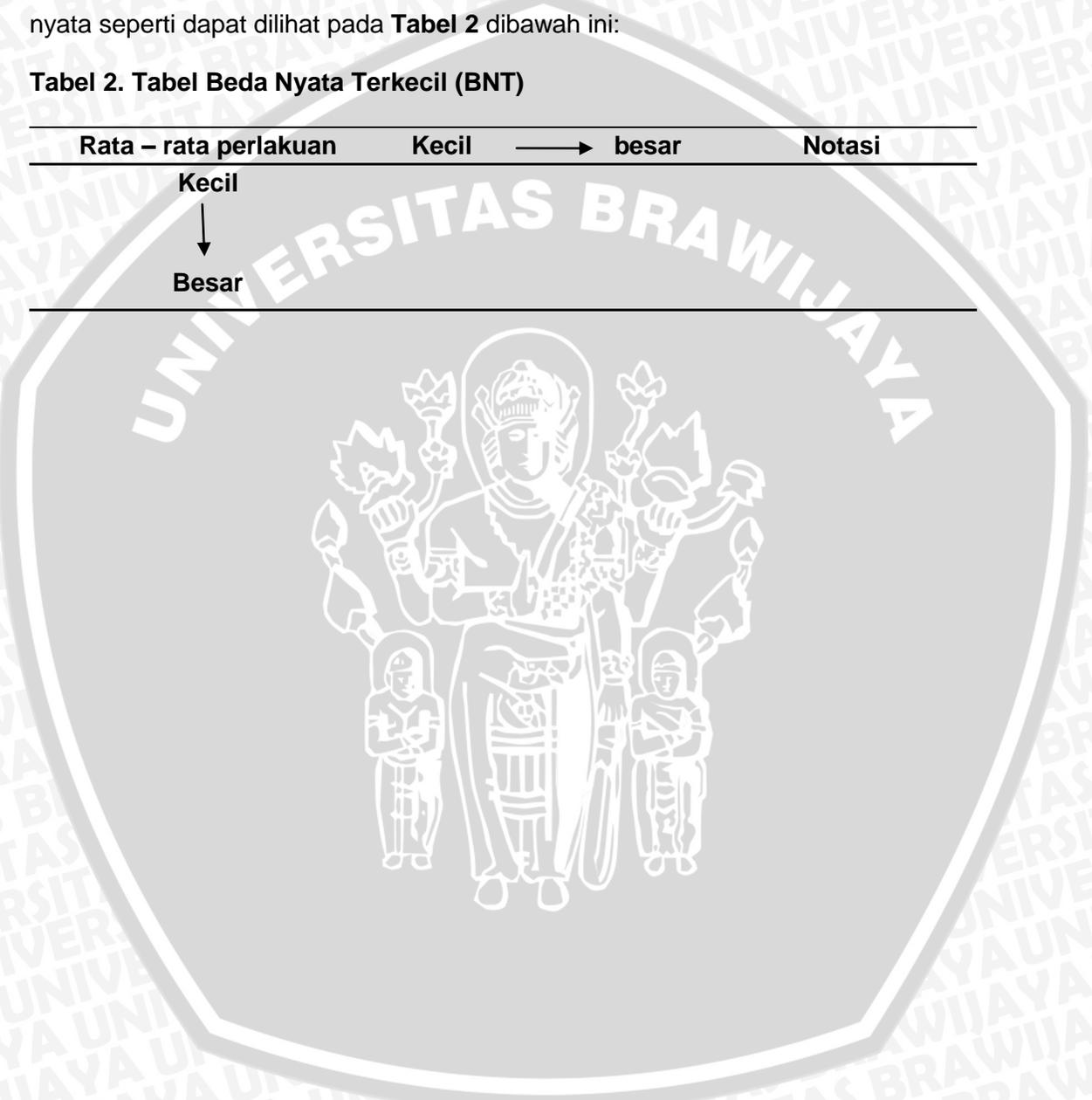
- Bila selisih < BNT 5% → n.s (*non significant*), berarti tidak berbeda nyata

- Bila $BNT\ 5\% < \text{selisih} < BNT\ 1\%$ → * berarti berbeda nyata
- Bila selisih $BNT > 1\%$ → ** berarti berbeda sangat nyata

Ditentukan notasinya dengan ketentuan notasi sama apabila hasilnya tidak berbeda nyata seperti dapat dilihat pada **Tabel 2** dibawah ini:

Tabel 2. Tabel Beda Nyata Terkecil (BNT)

Rata – rata perlakuan	Kecil → besar	Notasi
Kecil		
↓		
Besar		



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Pendahuluan

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada limbah cair industri tempe didapatkan kandungan nitrat sebesar 27,099 ppm dan kandungan ortofosfat 17,341 ppm. Limbah cair ini adalah hasil dari perendaman akhir setelah proses pemasakan kedelai yang berupa cairan kental dan berbusa. Limbah ini berbahaya bagi makhluk hidup disekitarnya, karena memiliki kandungan unsur hara yang sangat tinggi. Limbah cair ini memiliki suhu sebesar 25,5^oC; dengan nilai pH 3,6 ; dan mempunyai kandungan oksigen terlarut (DO) sebesar 3,05 mg/L. Menurut Wetzel (2001) dalam Wibowo (2009), kadar nitrat di perairan dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat kesuburannya; kadar nitrat antara 0 mg/liter sampai 1 mg/liter termasuk perairan oligotrofik; kadar nitrat antara 1 mg/liter sampai 5 mg/liter termasuk perairan mesotrofik; kadar nitrat 5 mg/liter sampai 50 mg/liter termasuk perairan eutrofik. Kandungan nitrat di perairan yang lebih dari 5 mg/liter menyebabkan terjadinya pencemaran antropogenik. Kemudian kadar ortofosfat dibagi menjadi tiga berdasarkan klasifikasi penyuburan, yaitu: 0,003 µg/liter sampai 0,01 µg/liter termasuk perairan oligotrofik; 0,011 µg/liter sampai 0,03 µg/liter termasuk perairan mesotrofik; dan 0,031 µg/liter sampai 0,1 µg/liter untuk perairan eutrofik.

Penentuan konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari rasio perbandingan jumlah antara air limbah cair perendaman akhir industri tempe dan volume air aquades yaitu pada konsentrasi 25% (2,5 liter : 7,5 liter). Pada konsentrasi 100% tumbuhan hanya bertahan selama 24 jam. Pada konsentrasi 75% layu pada hari ke-2 dan mati pada hari ke-3. Pada konsentrasi 50% tanaman hidup

sampai hari ke-4 dan pada konsentrasi 25% tetap segar hingga hari ke-6. Sehingga media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair perendaman akhir industri tempe dengan konsentrasi sebesar 25% (Ibrahim, 2014).

4.2 Karakterisasi Limbah Cair Tempe yang Digunakan Dalam Penelitian

Limbah cair tempe yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari industri rumah tangga yang berlokasi di daerah Sanan, Malang. Limbah cair ini adalah hasil dari perendaman akhir setelah proses pemasakan kedelai yang berupa cairan kental dan berbusa.

Karakteristik dari limbah cair sebelum dilakukan pengenceran adalah mempunyai suhu sebesar $25,5^{\circ}\text{C}$; dengan nilai pH 3,6 ; dan mempunyai kandungan oksigen terlarut (DO) sebesar 3,05 mg/L. Limbah cair ini berwarna putih kekeruhan, berbusa dan berbau asam serta memiliki kandungan nitrat (NO_3^-) sebesar 27,099 ppm dan ortofosfat (PO_4^{3-}) sebesar 17,341 ppm.

Karakteristik dari limbah cair yang telah diencerkan dengan konsentrasi 25% sebagaimana dijelaskan diatas antara lain adalah suhu mengalami penurunan menjadi $25,0^{\circ}\text{C}$; pH meningkat menjadi 4,0; kandungan oksigen terlarut (DO) menjadi 3,24 mg/L. Kandungan nitrat (NO_3^-) menjadi sebesar 13,655 ppm dan ortofosfat (PO_4^{3-}) sebesar 6,376 ppm yang dijadikan sebagai konsentrasi awal penelitian utama.

4.3 Kondisi Eceng Gondok (*E. crassipes*) Sebelum dan Selama Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan keadaan eceng gondok (*E. crassipes*) memiliki daun yang berwarna hijau segar, ukurannya relatif sama dan memiliki kondisi akar yang bagus serta sehat. Pada saat penelitian, tumbuhan yang digunakan mulai melakukan adaptasi dengan lingkungan baru (media tanam) pada aquarium

percobaan. Adaptasi tumbuhan dengan lingkungan tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan bertahap dari hari ke hari seperti perubahan kondisi akar dan warna daun pada masing – masing tanaman (**Lampiran 3**). Perubahan warna dan kondisi tanaman dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perubahan Kondisi Fisik Tanaman Eceng Gondok (*E. crassipes*) Selama Penelitian

HARI	KONDISI ECENG GONDOK (<i>E. crassipes</i>)
1	Daun dan batang masih hijau segar serta akar masih belum terdapat kerontokan
2	Daun dan batang masih tampak hijau segar serta akar masih tampak kuat
3	Akar, batang dan daun masih tampak segar dan kuat
4	Akar masih tampak kuat dan batang masih hijau segar, namun daun mulai menggulung dan terdapat bintik – bintik coklat
5	Akar terlihat masih kuat dan batang masih hijau segar, bintik – bintik coklat terus bermunculan pada daun
6	Akar dan batang masih tampak segar serta kuat, tetapi beberapa daun mulai berwarna kecoklatan namun tidak mendominasi
7	Akar terlihat masih terlihat segar dan kuat, sedangkan beberapa batang dan daun mulai menjadi layu
8	Mulai terjadi kerontokan pada akar dalam jumlah yang sangat sedikit, beberapa batang dan daun menjadi layu serta berubah warna menjadi kecoklatan

Tabel 3. Menunjukkan adanya perubahan kondisi fisik dari tanaman eceng gondok (*E. crassipes*) selama penelitian berlangsung. Daun yang awalnya berwarna hijau berubah menjadi hijau kecoklatan sebanding dengan lamanya waktu penelitian. Tanaman eceng gondok dapat digunakan sebagai bioremediasi indikator bagi lingkungan tercemar. Menurut Haslam (1997) dalam Hermawati *et al.* (2005), perubahan warna daun dan batang menjadi kecoklatan pada beberapa spesies dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik.

Pada akar tanaman eceng gondok (*E. crassipes*) mulai mengalami kerontokan dalam jumlah yang sangat sedikit pada akhir penelitian. Hal ini bisa disebabkan karena akar adalah bagian dari tumbuhan yang pertama kali berinteraksi secara

langsung pada limbah. Oleh karena itu akar mengalami kerontokan sebagai respon terhadap kandungan NO_3^- dan PO_4^{3-} yang sangat tinggi dari luar tubuh tumbuhan terutama bagi tanaman yang hidup di air (Dewi *et al.*, 2013).

4.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) Pada Media Tanam

Unsur nitrogen dalam perairan dapat berbentuk gas nitrogen (N_2), ammonia (NH_3) terlarut atau senyawa ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3) yang merupakan mata rantai daur (siklus) nitrogen dalam perairan alami. Dimana senyawa nitrat dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan secara langsung. Kemampuan tanaman dalam menurunkan kandungan senyawa nitrat pada media tanam ditunjukkan dengan adanya perubahan konsentrasi selama waktu pengamatan. Hasil laju penyerapan nitrat pada media tanam dapat dilihat pada **Tabel 4**.

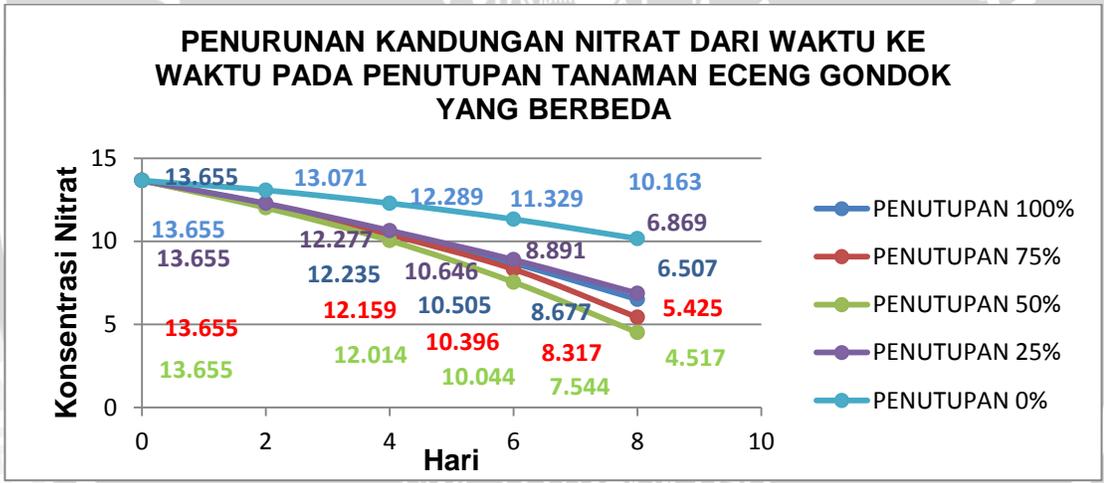
Tabel 4. Data Hasil Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) Pada Media Tanam

Lama Hari	Kandungan Nitrat Dalam Limbah Cair Industri Tempe (ppm)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
0	13,655	13,655	13,655	13,655	13,655
2	12,235	12,159	12,014	12,277	13,071
4	10,505	10,396	10,044	10,646	12,289
6	8,677	8,317	7,544	8,891	11,329
8	6,507	5,425	4,517	6,869	10,163

Tabel 4. menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi senyawa nitrat selama 8 hari pada penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% terus mengalami penurunan dari konsentrasi awal sebesar 13,655 mg/L hingga secara berturut – turut menjadi 6,507 mg/L; 5,425 mg/L; 4,517 mg/L; 6,869 mg/L; dan 10,163 mg/L.

Persediaan CO_2 mempengaruhi proses fotosintesis. Semakin tinggi penutupan, persaingan akan CO_2 akan meningkat sehingga proses fotosintesis tidak akan

berjalan maksimal dan penyerapan nitrat juga akan semakin rendah. Hal ini juga akan berpengaruh pada penurunan kandungan nitrat dalam media tanam yang tidak dapat terjadi secara maksimal. Begitu juga sebaliknya semakin rendah penutupan tanaman eceng gondok, proses fotosintesis akan berjalan maksimal karena penyerapan kandungan nitrat akan semakin meningkat. Hal ini menyebabkan penurunan pada kandungan nitrat dalam media tanam dapat terjadi secara maksimal pada penutupan 50%. Sedangkan pada penutupan 25% jumlah eceng gondok terlalu sedikit dibandingkan penutupan 50% sehingga penyerapan dan penurunan kandungan nitrat tidak dapat terjadi secara maksimal. Hasil analisa penurunan konsentrasi nitrat pada media tanam dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik Penurunan Kandungan Nitrat dari Waktu ke Waktu pada Penutupan Tanaman Eceng Gondok yang Berbeda

Gambar 4. menunjukkan bahwa selama 8 hari penelitian, penurunan senyawa nitrat terendah pada penutupan 0% dan tertinggi terjadi pada penutupan 50%. Hal ini diakibatkan karena eceng gondok termasuk tumbuhan air yang memiliki akar, daun, dan batang yang besar sehingga luas permukaan penutupan tanaman sangat mempengaruhi penurunan kandungan nitrat pada media tanaman yang optimal.

Menurut Rukmi *et al.* (2013), bahwa tumbuhan eceng gondok memiliki akar yang banyak dan panjang sehingga luas permukaan kontak antara air limbah dengan akar semakin banyak. Terdapat respon fisiologis daun, tangkai daun dan akar eceng gondok terhadap perairan tercemar. Respon ini juga yang akan mempengaruhi transpirasi dan besarnya penyerapan bahan pencemar. Menurut Pujawati (2006), bahwa pertumbuhan optimum tanaman eceng gondok terjadi pada kandungan N sebesar 25 ppm. Sedangkan kadar kritis N untuk mendukung pertumbuhan eceng gondok sebesar 0,03 ppm. Sedangkan pada penutupan 0% tidak terdapat tanaman eceng gondok sehingga penurunan kandungan nitrat bisa jadi hanya diakibatkan oleh mikroba yang berasosiasi dengan fitoplankton. Hasil laju penyerapan konsentrasi senyawa nitrat dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Lampiran 7**.

Tabel 5. Data Laju Penyerapan Nitrat (NO_3^-) Pada Media Tanam

Lama Hari	Laju Penyerapan Nitrat Pada Media Tanam(%)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
2	10,399	10,955	12,017	10,091	4,276
4	14,139	14,499	16,397	13,285	5,982
6	17,401	19,998	24,890	16,485	7,811
8	25,008	34,772	40,124	22,742	10,292

Tabel di atas menunjukkan bahwa laju penyerapan konsentrasi nitrat selama 8 hari pada tanaman eceng gondok terus mengalami peningkatan. Pada penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% laju penyerapan mengalami peningkatan berturut – turut hingga sebesar 25,008%; 34,772%; 40,124%; 22,742%; dan 10,292%. Sedangkan laju penyerapan tertinggi dari hari ke-2 hingga hari ke-8 terdapat pada penutupan 50% secara berturut – turut sebesar 12,017%; 16,397%; 24,89%; dan 40,124% serta laju penyerapan terendah terdapat pada penutupan 0% secara berturut – turut sebesar 4,276%; 5,982%; 7,811%; dan 10,292%. Menurut

Purnamasari (2014), tingginya konsentrasi nitrat disebabkan oleh adanya proses dekomposisi dan mineralisasi pada limbah cair tempe. Menurut Wolverton (1987) dalam Stefhany *et al.* (2013), penyerapan kadar nitrat dalam air limbah disebabkan oleh kerjasama antara tanaman eceng gondok dan mikroba yang berasosiasi dengan tanaman eceng gondok.

Eceng gondok mempunyai kemampuan untuk menyerap unsur hara termasuk nitrat. Menurut Dewi (2012), luas permukaan daun dan panjang akar mempengaruhi transpirasi yang kemudian berhubungan dengan besarnya penyerapan. Jumlah luas penampang akar eceng gondok yang bersinggungan juga mempengaruhi penyerapan maksimal terhadap bahan organik. Semakin banyak terjadinya persinggungan antar akar, penyerapan akan menjadi tidak maksimal karena luas permukaan yang bersinggungan langsung dengan air media tanam akan berkurang pada tingkat kerapatan tanaman yang tinggi. Hal ini berarti jumlah eceng gondok dalam perairan akan mempengaruhi besarnya bahan organik diperairan tersebut. Presentase penurunan konsentrasi senyawa nitrat dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Presentase Penurunan Konsentrasi Senyawa Nitrat (NO_3^-) Pada Media Tanam

Penutupan Eceng Gondok	Kadar Nitrat		Penurunan Kadar Nitrat	Persentase Penurunan (%)
	Sebelum	Sesudah		
0%	13,655	10,163	3,492	25,57
25%	13,655	6,869	6,786	49,69
50%	13,655	4,517	9,138	66,92
75%	13,655	5,425	8,230	60,27
100%	13,655	6,507	7,148	52,34

Tabel 6. di atas menunjukkan bahwa presentase penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media dengan penutupan 100%, 75%, 50%, dan 25% yang ditanami tumbuhan eceng gondok terus mengalami peningkatan dari hari ke hari. Hal ini dikarenakan adanya penurunan nitrat secara terus – menerus. Besarnya

presentase nitrat yang hilang pada media tanam sampai hari ke-8 secara berturut – turut sebesar 52,34%; 60,27%; 66,92%; 49,69%; dan 25,57% dari konsentrasi awal. Presentase penurunan nilai nitrat tertinggi terletak pada penutupan 50%, sedangkan presentase penurunan nilai nitrat terendah terletak pada penutupan 0%. Menurut Stefhany *et al.* (2013), semakin panjang akar dan semakin luas permukaan daun eceng gondok, semakin turun konsentrasi nitratnya. Penyerapan nitrat oleh eceng gondok juga dipengaruhi oleh jumlah luas penampang. Semakin banyak jumlah eceng gondok, persinggungan akar akan semakin besar sehingga proses penyerapan nitrat tidak dapat berjalan secara maksimal. Sedangkan semakin sedikit jumlah eceng gondok penyerapan nitrat juga semakin sedikit, karena ukuran dan jumlah eceng gondok mempengaruhi kemampuan dalam penyerapan nitrat. Sehingga dapat dikatakan bahwa penyerapan nitrat yang terbaik terdapat pada penutupan 50%. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah tanaman yang digunakan dan sedikitnya terjadi persinggungan antar akar tanaman menyebabkan luas permukaan akar tumbuhan eceng gondok yang kontak dengan air limbah semakin besar. Hasil ini mengindikasikan kalau dalam penelitian ini penutupan 50% adalah kombinasi terbaik antara jumlah eceng gondok yang ada dan kemungkinan luas penampang akar dan batang yang langsung terpapar air media tanam, sehingga penyerapan dapat dilakukan secara maksimal.

Sebagian besar dari nitrogen total dalam air dapat terikat sebagai nitrogen organik, yaitu dalam bahan berprotein yang berasal antara lain dari limbah domestik. Menurut Dewi (2012), dekomposisi yang dilakukan oleh bakteri mengubahnya menjadi ammonia. Bakteri dapat mengoksidasi ammonia menjadi nitrat dan nitrit dalam lingkungan aerob. Nitrat adalah senyawa terpenting, karena senyawa ini lebih mudah diserap oleh tanaman air dan digunakan dalam proses fotosintesis. Jumlah

rumpun tanaman mempengaruhi proses fotosintesis dan pemanfaatan nitrat. Penutupan 50% memiliki kemampuan yang paling tinggi untuk menurunkan kadar nitrat di perairan tercemar. Sedangkan pada penutupan 0% memiliki penurunan nitrat yang paling rendah, karena pada kondisi ini tidak ada penyerapan yang dilakukan oleh tanaman.

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dapat dilihat pada **Lampiran 7**. Dilakukan uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Sidik Ragam Konsentrasi Nitrat (NO_3) Pada Media Tanam

Sumber Keragaman	DB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-tabel	
					5 %	1%
Perlakuan (Penutupan Tanaman)	4	55,814	13,953	99,402**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan Tanaman	20	491,533	24,577	175,081**	1,78	2,27
Waktu dalam Penutupan 100%	4	96,183	24,046	171,298**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 75%	4	125,829	31,457	224,098**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 50%	4	159,597	39,899	284,238**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 25%	4	86,690	21,672	154,393**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 0%	4	23,233	5,808	41,377**	2,56	3,72
Galat	50	7,019	0,140			
Total	74	554,365				

Ket : * = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan **Tabel 7**. Hasil perhitungan berdasarkan uji F secara keseluruhan didapatkan nilai F hitung lebih besar dari F tabel yang berarti ada satu perlakuan

yang memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata pada taraf 5% dan 1%. Diperoleh nilai F hitung pada perlakuan penutupan tanaman yaitu 99,402. Jika dibandingkan dengan F tabel 5% dan 1% maka nilai F hitung pada perlakuan lebih besar dari F tabel 5% dan 1%. Sehingga dapat dikatakan bahwa perbedaan yang sangat nyata dengan taraf 5% dan 1% dari perlakuan penutupan tanaman terhadap penurunan senyawa nitrat pada media tanaman.

Pada waktu dalam penutupan tanaman adalah berbeda sangat nyata dimana nilai F hitung lebih lebih besar dari nilai F tabel 5% dan 1% yaitu 175,081 sehingga waktu dalam penutupan tanaman ikut berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media tanam.

Waktu dalam penutupan 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% menunjukkan berbeda sangat nyata dimana nilai F hitung lebih lebih besar dari nilai F tabel 5% dan 1% secara berturut – turut yaitu 171,298; 224,098; 284,238; 154,393; dan 41,377 sehingga waktu dalam penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% ikut berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat sebagai akibat oleh adanya penutupan tanaman eceng gondok yang berbeda.

Adanya penurunan senyawa nitrat yang berbeda sangat nyata pada perlakuan perbedaan penutupan, sehingga dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan masing – masing perlakuan terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media tanam.

Hasil analisis menggunakan uji BNT (**Lampiran 7**) pada perlakuan penutupan tanaman yang berbeda yaitu penutupan 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media tanam didapatkan perbedaan yang sangat nyata antara perlakuan A1 dengan penutupan tanaman 100%, A2 dengan penutupan tanaman 75%, A3 dengan penutupan tanaman 50%, A4 dengan

penutupan tanaman 25%, A5 dengan penutupan tanaman 50%. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui penurunan konsentrasi nitrat terbesar pada media yaitu pada perlakuan A3 yaitu dengan penutupan 50% dengan waktu 8 hari.

4.5 Hasil Pengukuran Konsentrasi Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Unsur fosfor di dalam perairan terdapat dalam dua bentuk yaitu polifosfat dan ortofosfat. Ortofosfat merupakan fosforus yang berada dalam bentuk anorganik dan terlarut dalam suatu perairan. Ortofosfat yang terdapat dalam perairan dimanfaatkan oleh tumbuhan air secara langsung tanpa harus adanya penyederhanaan senyawa. Kemampuan tumbuhan air dalam menurunkan kandungan senyawa ortofosfat dalam media ditunjukkan dengan adanya perubahan konsentrasi selama waktu pengamatan. Hasil konsentrasi ortofosfat dapat dilihat pada **Tabel 8**.

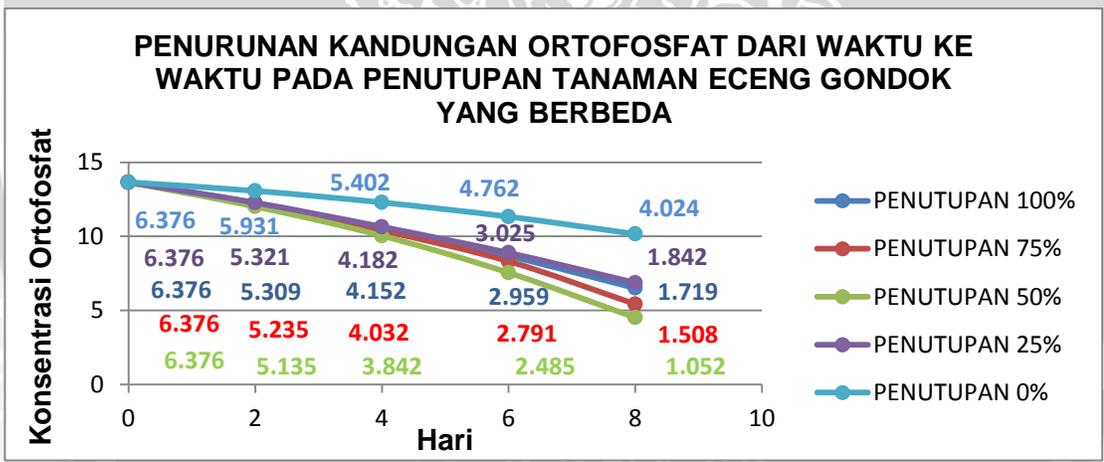
Tabel 8. Data Hasil Konsentrasi Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Lama Hari	Kandungan Ortofosfat Dalam Limbah Cair Industri Tempe (Ppm)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
0	6,376	6,376	6,376	6,376	6,376
2	5,309	5,235	5,135	5,321	5,931
4	4,152	4,032	3,842	4,182	5,402
6	2,959	2,791	2,485	3,025	4,762
8	1,719	1,508	1,052	1,842	4,024

Hasil **Tabel 8**. di atas menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi senyawa ortofosfat selama 8 hari pada penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% terus mengalami penurunan dari konsentrasi awal sebesar 6,376 mg/L hingga secara berturut – turut menjadi 1,719 mg/L; 1,508 mg/L; 1,052 mg/L; 1,842 mg/L; dan 4,024 mg/L.

Proses fotosintesis mempengaruhi penurunan ortofosfat pada media tanam. Penurunan pada kandungan ortofosfat dalam media tanam dapat terjadi secara

maksimal pada penutupan 50%. Sedangkan pada penutupan 25% jumlah eceng gondok terlalu sedikit dibandingkan penutupan 50% sehingga penyerapan dan penurunan kandungan ortofosfat tidak dapat terjadi secara maksimal. Semakin tinggi penutupan, persaingan akan CO₂ akan meningkat sehingga proses fotosintesis tidak akan berjalan maksimal dan penyerapan ortofosfat juga akan semakin rendah. Hal ini juga akan berpengaruh pada penurunan kandungan ortofosfat dalam media tanam yang tidak dapat terjadi secara maksimal. Begitu juga sebaliknya semakin rendah penutupan tanaman eceng gondok, proses fotosintesis akan berjalan maksimal karena penyerapan kandungan ortofosfat akan semakin meningkat. Hasil analisa penurunan konsentrasi ortofosfat pada media tanam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Penurunan Kandungan Ortofosfat dari Waktu ke Waktu pada Penutupan Tanaman Eceng Gondok yang Berbeda

Gambar 5. menunjukkan penurunan senyawa ortofosfat terendah pada penutupan 0% dan tertinggi pada aquarium percobaan dengan penutupan 50% dikarenakan akar dari tanaman tersebut yang berukuran besar sehingga lebih banyak menyerap unsur P sesuai dengan pendapat Rukmi *et al.* (2013), terjadinya penurunan ini dikarenakan eceng gondok memiliki kemampuan ganda yakni

menyerap berbagai bahan organik dalam bentuk ion hasil pemecahan mikroorganisme dan juga membebaskan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk proses oksidasi mikroorganisme pengurai sehingga berpengaruh pada penurunan ortofosfat di perairan. Menurut Febrianty (2011), bahwa kepadatan eceng gondok berpengaruh pada laju pertumbuhan relatif dan waktu penggandaan sebagai penentu tingkat penyerapan bahan organik dan produktifitasnya. Semakin rendah kepadatan, laju pertumbuhan relatif menjadi semakin besar dan menunjukkan waktu penggandaan yang kecil serta penyerapan bahan organik semakin tinggi sehingga tingkat produktivitas eceng gondok meningkat. Sebaliknya, pada kepadatan yang tinggi laju pertumbuhan relatif menjadi semakin kecil dan menunjukkan waktu penggandaan yang besar serta penyerapan bahan organik semakin rendah sehingga tingkat produktivitas eceng gondok menurun. Namun pada kepadatan 25% penyerapan tidak dapat maksimal dikarenakan jumlah eceng gondok yang terlalu sedikit.

Kandungan ortofosfat pada penutupan 0% mengalami penurunan yang tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena tidak adanya tanaman yang digunakan sebagai agen penyerap ortofosfat. Menurut Khushnuryani (2008), penurunan ortofosfat ini karena adanya bakteri yang mengkonsumsi fosfor untuk pembentukan komponen selulernya dan mengakumulasi di dalam selnya. Sehingga walaupun tidak ada tanaman kandungan ortofosfat tetap akan mengalami penurunan namun tidak signifikan seperti dengan menggunakan tanaman. Hasil analisa laju penyerapan ortofosfat dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Lampiran 8**.

Tabel 9. Data Laju Penyerapan Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Lama Hari	Laju Penyerapan Ortofosfat Pada Media Tanam (%)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
2	16,734	17,895	19,463	16,546	6,979
4	21,793	22,979	25,180	21,405	8,919
6	28,733	30,778	35,320	27,666	11,847
8	41,906	45,969	57,666	39,107	15,497

Tabel 9. di atas menunjukkan bahwa laju penyerapan ortofosfat terus mengalami peningkatan hingga hari ke-8. Pada penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% mengalami peningkatan sebesar 41,906%; 45,969%; 57,666%; 39,107% dan 15,497%. Sedangkan pada hari ke-2 hingga ke-8 laju penyerapan ortofosfat yang tertinggi pada penutupan 50% yaitu secara berturut – turut sebesar 19,463%; 25,18%; 35,32%; dan 57,666% serta laju penyerapan terendah pada penutupan 0% yaitu secara berturut – turut sebesar 6,979%; 8,919%; 11,847%; dan 15,497%. Menurut Stefhany *et al.* (2013) bahwa, penurunan kadar ortofosfat dalam limbah cair tempe dikarenakan pada akar eceng gondok memiliki kemampuan cukup baik untuk menyerap ortofosfat bagi pertumbuhannya. Hal ini juga disebabkan oleh ukuran tumbuhan eceng gondok. Semakin besar tumbuhan semakin besar juga luas permukaan dari akar untuk menyerap polutan yang ada, sehingga kemampuan dalam menyerap polutan semakin besar dibanding tumbuhan yang berukuran kecil.

Hasil peningkatan penyerapan ortofosfat selama 8 hari dalam penelitian ini diakibatkan oleh adanya pemanfaatan senyawa fosfor anorganik yang terlarut yaitu ortofosfat di dalam suatu perairan yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses metabolismenya yang berperan sebagai enzim di dalam jaringannya yang memiliki fungsi untuk mempercepat proses pertumbuhan tanaman tersebut. Menurut Wibowo (2009), berkurangnya kandungan ortofosfat di perairan disebabkan karena ortofosfat

di suatu perairan tersebut telah dimanfaatkan oleh tanaman air khususnya eceng gondok. Selain itu ortofosfat dapat tersuspensi bersama fosfor organik dan padatan lainnya untuk kemudian mengendap didasar perairan. Menurut Putera (2012), tanaman eceng gondok mampu menyerap polutan, sehingga perairan tidak mengalami pencemaran. Diketahui bahwa tanaman eceng gondok mempunyai akar rimpang yang mampu menyerap ortofosfat dengan baik karena diperlukan untuk proses pertumbuhannya. Akan tetapi tanaman ini tidak bisa dibiarkan tumbuh bebas begitu aja karena kemampuannya menyerap polutan akan berkurang sehingga harus diremajakan setiap waktu tertentu. Presentase penurunan konsentrasi senyawa ortofosfat dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Presentase Penurunan Konsentrasi Senyawa Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Penutupan Eceng Gondok	Kadar Ortofosfat		Penurunan Kadar Ortofosfat	Persentase Penurunan (%)
	Sebelum	Sesudah		
0%	6,376	4,024	2,352	36,89
25%	6,376	1,842	4,534	71,11
50%	6,376	1,052	5,324	83,50
75%	6,376	1,508	4,868	76,35
100%	6,376	1,719	4,657	73,04

Tabel 10. di atas menunjukkan bahwa presentase penurunan konsentrasi senyawa ortofosfat pada media dengan penutupan 100%, 75%, 50%, dan 25% yang ditanami tumbuhan eceng gondok terus mengalami peningkatan dari hari ke hari. Hal ini dikarenakan adanya penurunan ortofosfat secara terus – menerus. Besarnya presentase ortofosfat yang hilang pada media tanam sampai hari ke-8 sebesar 73,04%; 76,35%; 83,50%; dan 71.11% dari konsentrasi awal. Sedangkan pada penutupan 0% yang tidak ditanami oleh eceng gondok mengalami penurunan 36,89% dari konsentrasi awal. Presentase penurunan nilai ortofosfat tertinggi

terletak pada penutupan 50%, sedangkan presentase penurunan nilai ortofosfat terendah terletak pada penutupan 0%.

Penurunan fosfat yang tertinggi pada penutupan 50% karena luas permukaan daun dan panjang akar yang mempengaruhi penyerapan ortofosfat oleh tanaman eceng gondok. Persediaan CO₂ juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis. Semakin tinggi penutupan, persaingan akan CO₂ akan meningkat sehingga proses fotosintesis tidak akan berjalan maksimal dan penyerapan ortofosfat juga akan semakin rendah. Hasil ini juga mengindikasikan kalau penutupan 50% merupakan kombinasi terbaik antara jumlah eceng gondok yang ada dan kemungkinan luas penampang batang dan akar yang langsung terpapar air media tanam. Menurut Hermawati *et al.* (2005), tanaman eceng gondok memerlukan gula fosfat yang berperan penting dalam fotosintesis dan metabolisme intermedier, nukleotida berupa DNA, dan RNA seperti fosfolipid dalam membrane, fosfat dalam bentuk ATP, ADP dan Pi juga berperan dalam metabolisme energi dalam sel. Pada penutupan 0% mengalami penurunan yang tidak signifikan disebabkan oleh tidak adanya tanaman yang menyerap bahan pencemar. Menurut Arizuna *et al* (2014), sifat fosfat itu sendiri juga mudah mengendap dan fosfat memerlukan waktu yang lama untuk terurai oleh bakteri. Sehingga pada penutupan 0% tetap mengalami penurunan walaupun tidak signifikan. Berdasarkan hasil analisa ragam yang dapat dilihat pada **Lampiran 8**, dilakukan Uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Sidik Ragam Konsentrasi Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Sumber Keragaman	DB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-tabel	
					5 %	1%
Perlakuan (Penutupan Tanaman)	4	21,337	5,334	1806,185**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan Tanaman	20	187,604	9,380	3176,103**	1,78	2,27
Waktu dalam Penutupan 100%	4	40,826	10,206	3455,886**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 75%	4	44,506	11,127	3767,429**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 50%	4	53,079	13,269	4493,074**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 25%	4	38,751	9,688	3280,224**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 0%	4	10,442	2,610	883,904**	2,56	3,72
Galat	50	0,148	0,003			
Total	74	209,089				

Keterangan : * = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan **Tabel 11**. Hasil perhitungan berdasarkan uji F secara keseluruhan didapatkan nilai F hitung lebih besar dari F tabel yang berarti ada satu perlakuan penutupan tanaman yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5% dan 1%. Diperoleh nilai F hitung pada perlakuan penutupan tanaman yaitu 1806,185. Jika dibandingkan dengan F tabel 5% dan 1% maka nilai F hitung pada perlakuan lebih besar dari F tabel 5% dan 1%. Sehingga dapat dikatakan bahwa perbedaan yang sangat nyata dengan taraf 5% dan 1% dari perlakuan penutupan tanaman terhadap penurunan senyawa nitrat pada media tanaman.

Pada waktu dalam penutupan tanaman adalah berbeda sangat nyata dimana nilai F hitung lebih lebih besar dari nilai F tabel 5% dan 1% yaitu 3176,103 sehingga

penutupan tanaman ikut berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi senyawa ortofosfat pada media tanam.

Waktu dalam penutupan 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% menunjukkan berbeda sangat nyata dimana nilai F hitung lebih lebih besar dari nilai F tabel 5% dan 1% secara berturut – turut yaitu 3455,886; 3767,429; 4493,074; 3280,224; dan 883,904 sehingga waktu dalam penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% ikut berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi senyawa ortofosfat sebagai akibat oleh adanya penutupan tanaman eceng gondok yang berbeda.

Adanya penurunan senyawa nitrat yang berbeda sangat nyata pada perlakuan perbedaan penutupan, sehingga dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan masing – masing perlakuan terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media tanam.

Hasil analisis menggunakan uji BNT (**Lampiran 8**) pada perlakuan penutupan tanaman yang berbeda yaitu penutupan 100%, 75%, 50%, 25%, dan 0% terhadap penurunan konsentrasi senyawa nitrat pada media tanam didapatkan perbedaan yang sangat nyata antara perlakuan A1 dengan penutupan tanaman 100%, A2 dengan penutupan tanaman 75%, A3 dengan penutupan tanaman 50%, A4 dengan penutupan tanaman 25%, A5 dengan penutupan tanaman 50%. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui penurunan konsentrasi ortofosfat terbesar pada media yaitu pada perlakuan A3 yaitu dengan penutupan 50% dengan waktu 8 hari.

4.6 Kualitas Air Pendukung

4.6.1 Suhu

Suhu adalah salah satu faktor fisika yang dapat mempengaruhi proses kimia tanaman air dan medianya. Nilai suhu yang didapatkan selama penelitian ini dapat

dilihat pada **Lampiran 4**. Data hasil rata – rata suhu pada saat penelitian dapat dilihat pada **Tabel 12**.

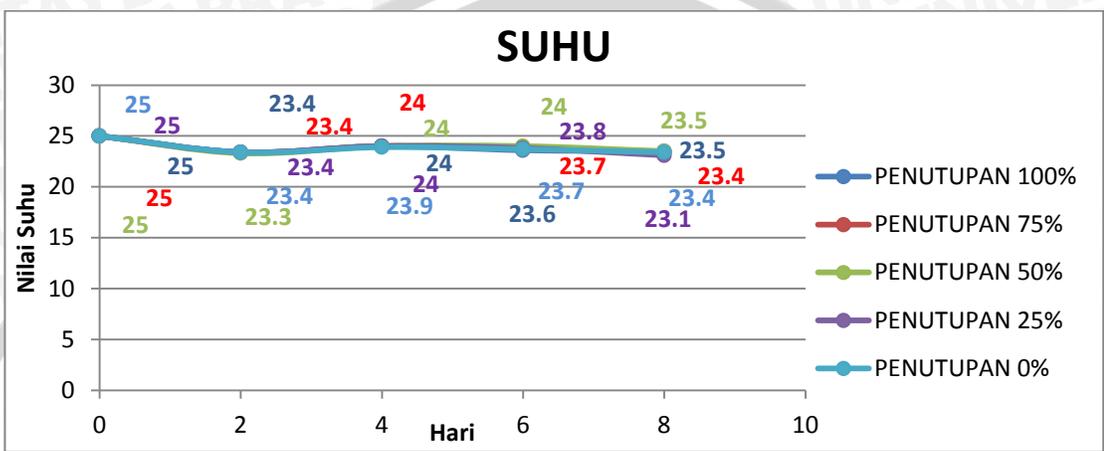
Tabel 12. Hasil Rata – Rata Suhu Pada Media Tanam

Lama Hari	Suhu				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
2	23,4	23,4	23,3	23,4	23,4
4	24,0	24,0	24,0	24,0	23,9
6	23,6	23,7	24,0	23,8	23,7
8	23,5	23,4	23,5	23,1	23,4
Rata-rata	23,9	23,9	23,96	23,86	23,88

Hasil dari pengukuran suhu pada penelitian yang ditanami dengan tumbuhan air eceng gondok pada penutupan 100%, 75% dan 0% berkisar antara 23,4^oC – 25^oC. Pada penutupan 50% berkisar antara 23,3^oC - 25^oC, sedangkan pada penutupan 25% berkisar antara 23,1^oC - 25^oC.

Dari **Tabel 12**. di atas dapat dilihat bahwa perubahan suhu pada masing – masing aquarium percobaan tidak terlalu signifikan, sehingga pada ke 15 aquarium dengan perlakuan yang berbeda mempunyai kisaran suhu yang hampir sama atau tidak berbeda jauh. Berdasarkan kisaran suhu pada aquarium percobaan yang ditanami oleh tumbuhan air eceng gondok (*E. crassipes*) masih dikatakan bagus untuk pertumbuhan tanaman jika dilihat nilai kisaran suhu menurut Dewi *et al.* (2013), suhu berpengaruh pada penyerapan nutrisi termasuk nitrat dan ortofosfat karena berkaitan dengan proses metabolisme dan fotosintesis. Semakin tinggi suhu lingkungan tanaman maka semakin tinggi pula tingkat penyerapan oleh tanaman. Pertumbuhan akan terhenti pada suhu dibawah 10^oC atau diatas 40^oC. Suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis meningkat, sehingga penyerapan nutrisi oleh tanaman juga akan semakin meningkat. Pada suhu 21^oC – 25,5^oC

menurut Indah *et al.* (2014), kisaran suhu tersebut masih dapat ditolerir oleh tanaman eceng gondok. Sedangkan tanaman eceng gondok dapat tumbuh optimal pada suhu 27°C - 30°C. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat dalam bentuk grafik pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik Perubahan Suhu Selama Penelitian

Gambar 6. di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran suhu pada aquarium percobaan yang ditanami eceng gondok mengalami penurunan pada hari ke-2 dan peningkatan pada hari ke-4. Setelah itu mengalami penurunan yang konstan hingga hari terakhir. Menurut Nurmitha *et al.* (2014), peningkatan suhu pada hari ke-4 bisa berkaitan dengan adanya hasil pernafasan baik aerob maupun anaerob berupa CO₂ yang berlebihan dan adanya hasil metabolisme mikroorganisme pada akar tanaman. Meningkatnya suhu di perairan akan meningkatkan toksisitas dari banyak kontaminan – kontaminan terlarut dan akan meningkatkan pula konsumsi oksigen. Suhu juga mempengaruhi nitrat dan fosfat dalam perairan, hal ini memungkinkan karena semakin tinggi suhu, semakin rendah kandungan nitrat dan fosfat (Arizuna *et al.*, 2014).

Penurunan suhu diakibatkan oleh luas daun eceng gondok yang terlalu lebar. Semakin luas permukaan daun akan mengakibatkan permukaan air menjadi

tertutup. Oleh karena itu cahaya matahari terhalang untuk masuk ke dalam perairan, sehingga suhu air menjadi menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Dewi (2012), bahwa semakin banyak jumlah rumpun tanaman, makin menghambat naiknya suhu. Pengaruh naungan berdasarkan luas permukaan daun dengan suhu air, menunjukkan bahwa semakin luas permukaan daun yang menutupi permukaan air, suhu air makin rendah. Dapat disimpulkan bahwa adanya tanaman eceng gondok dapat menghambat naiknya suhu perairan. Perubahan suhu juga dimungkinkan karena perubahan suhu ruang akibat terjadinya perubahan cuaca pada saat penelitian.

4.6.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) media tanam adalah faktor kimia yang dipengaruhi terhadap laju pertumbuhan tanaman, hal ini karena mempengaruhi pertumbuhan akar. Nilai derajat keasaman (pH) yang didapatkan setiap harinya pada penelitian ini dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Data hasil rata – rata pH media tanam dapat dilihat pada **Tabel 13**.

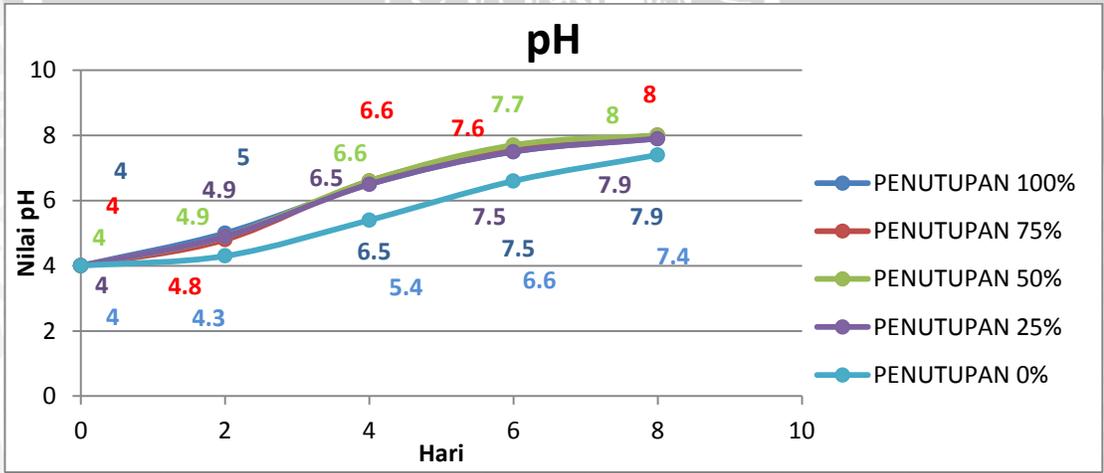
Tabel 13. Hasil Rata – Rata pH Pada Media Tanam

Lama Hari	pH				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2	5,0	4,8	4,9	4,9	4,3
4	6,5	6,6	6,6	6,5	5,4
6	7,5	7,6	7,7	7,5	6,6
8	7,9	8,0	8,0	7,9	7,4
Rata-rata	6,18	6,20	6,24	6,16	5,54

Nilai pH aquarium percobaan yang ditanami eceng gondok pada penutupan 100% dan 25% menunjukkan nilai yang berkisar antara 4.0 – 7,9. Pada aquarium percobaan yang ditanami eceng gondok dengan penutupan 50% dan 75%

didapatkan nilai pH berkisar antara 4.0 – 8,0. Sedangkan pada eceng gondok dengan penutupan 0% didapatkan nilai pH yaitu berkisar antara 4.0 – 7,4. Kisaran pH pada penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi media tanaman pada saat pengamatan berada pada kondisi asam. Kondisi yang asam pada saat awal penelitian disebabkan dari hasil perendaman akhir pada produksi tempe. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa perubahan pH pada aquarium percobaan eceng gondok dengan kelima penutupan yang berbeda menunjukkan hasil perbedaan pada penutupan yang diberikan tanaman eceng gondok dengan yang tidak diberikan tanaman eceng gondok.

Nilai pH tersebut dapat diketahui bahwa kondisi pH pada media tanam masih cukup mendukung untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Madkar dan Kurniadie (2003) dalam Pujawati (2006), pH optimum untuk pertumbuhan tanaman eceng gondok yaitu pada kisaran 5 – 8, meskipun eceng gondok dapat tumbuh pada media dengan pH 4 - 8 dan tumbuh optimal pada pH 6 – 7. Hasil pengukuran pH pada saat penelitian dapat dilihat dalam bentuk grafik pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik Perubahan pH Selama Penelitian

Gambar 7. di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada aquarium percobaan. Peningkatan terjadi dari hari kedua hingga hari kedelapan pada seluruh aquarium percobaan. Peningkatan pH yang terjadi dimungkinkan dikarenakan banyaknya proses dekomposisi bahan organik pada media yang menghasilkan senyawa ammonia (NH_3). pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Senyawa ammonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik, namun pada alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan ammonia yang terionisasi dan bersifat toksik. Amonia yang tidak terionisasi lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan ammonia (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2003). Menurut Ratnani *et al.* (2011), sebagian besar biota akuatik menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 dan sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Dalam Effendi (2003) pH < 4 sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah.

4.6.3 DO (*Dissolved Oxygen*)

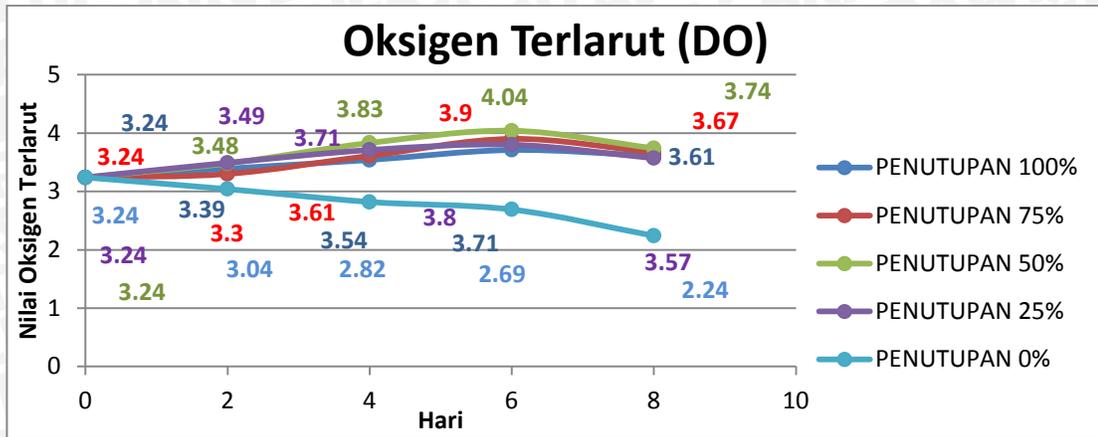
Dissolved Oxygen (Oksigen terlarut) sangat berperan dalam proses dekomposisi, jika oksigen tersedia di perairan, maka akan terjadi dekomposisi aerob. Dekomposisi anaerob dapat terjadi apabila di perairan terdapat sedikit oksigen atau tanpa oksigen. Nilai oksigen terlarut yang didapatkan setiap harinya pada penelitian ini dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Data hasil rata – rata oksigen terlarut pada saat penelitian dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Hasil Rata – Rata Oksigen Terlarut Pada Media Tanam

Lama Hari	Oksigen Terlarut (DO)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
0	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
2	3,39	3,30	3,48	3,49	3,04
4	3,54	3,61	3,83	3,71	2,82
6	3,71	3,90	4,04	3,80	2,69
8	3,61	3,67	3,74	3,57	2,49
Rata-rata	3,49	3,54	3,66	3,56	2,85

Pada aquarium percobaan yang ditanami dengan tumbuhan eceng gondok (*E. crassipes*) pada penutupan 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% memiliki kisaran nilai oksigen terlarut (DO) berturut – turut berkisar antara 3,24 mg/L – 3,71 mg/L; 3,24 mg/L – 3,90 mg/L; 3,24 mg/L – 4,04 mg/L; 3,24 mg/L – 3,80 mg/L; 2,49 mg/L – 3,24 mg/L. Jika dilihat secara keseluruhan nilai oksigen terlarut yang dihasilkan pada aquarium percobaan berada di atas kisaran minimum untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan oksigen terlarut minimum menurut Salmin (2005), adalah 2 mg/L. Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme. Kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 mg/L selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70%.

Oksigen terlarut pada aquarium percobaan selain dari hasil fotosintesis, juga berasal dari difusi oksigen yang terdapat di udara. Oksigen terlarut dalam air diperoleh langsung dari udara yaitu dengan cara difusi langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang memiliki klorofil (Sutika, 1989 dalam Armita, 2011). Hasil pengukuran oksigen terlarut pada saat penelitian ini dapat dilihat dalam bentuk grafik pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik Perubahan Oksigen Terlarut (DO) Selama Penelitian

Gambar 6. di atas menunjukkan bahwa hasil pengukuran oksigen terlarut dari awal sampai akhir penelitian terjadi perubahan pada aquarium percobaan. Pada penutupan 100%, 75%, 50%, dan 25% kadar oksigen terlarut (DO) setiap harinya mengalami peningkatan hingga hari ke 6 dan mengalami penurunan pada hari ke 8 hingga mencapai nilai berturut – turut sebesar 3,61 mg/L; 3,67 mg/L; 3,74 mg/L; dan 3,57 mg/L. Namun pada penutupan 0% oksigen terlarut terus mengalami penurunan hingga mencapai nilai 2,24 mg/L. Peningkatan kandungan oksigen terlarut bisa terjadi dari proses fotosintesis dan difusi oksigen dari udara. Penurunan kandungan oksigen terlarut bisa disebabkan oleh mikroorganisme aerob yang memanfaatkan oksigen dalam jumlah besar untuk proses penguraian bahan organik. Menurut Hayatul dan Esmiralda (2011), peningkatan oksigen terlarut diperairan berasal dari hasil proses fotosintesis dan reaerasi dari udara. Menurut Ratnani *et al.* (2011), proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme aerob memerlukan oksigen dalam jumlah besar untuk memperoleh energi. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi oksigen terlarut di dalam perairan. Penurunan yang melewati ambang batas mengakibatkan kematian pada organisme perairan. Ketika oksigen terlarut tidak tersedia lagi, penguraian dilakukan oleh mikroorganisme anaerob yang

mengeluarkan gas asam sulfida (H_2S) dan gas metana (CH_4) yang berbau busuk. Tingginya konsentrasi zat organik dalam limbah cair tempe termasuk kandungan amoniak akan menyebabkan terjadi penurunan kandungan oksigen karena digunakan oleh organisme untuk mengurai bahan organik. Penurunan DO pada kontrol mengindikasikan bahwa penurunan NO_3^- dan PO_4^{3-} dikontrol diakibatkan oleh penguraian bahan organik oleh mikroorganisme pengurai seperti bakteri.

4.7 Berat Basah Tanaman

Berat atau biomassa tanaman merupakan ukuran yang sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Pada akhir penelitian rata – rata perlakuan menunjukkan adanya penambahan berat basah tanaman dari kondisi berat awal. Nilai laju pertumbuhan relatif (Relative Growth Rate/ RGR) merupakan gambaran dari kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap unsur hara dari air limbah yang digunakan untuk pertumbuhannya. Hasil pengukuran rata – rata berat basah, laju pertumbuhan relatif dan waktu berganda dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Rata – Rata Berat Basah Tanaman dan RGR Serta DT Pada Eceng Gondok (*E. crassipes*)

Perlakuan	Waktu (hari)		RGR (%/hari)	DT (hari)
	0	8		
Penutupan 100%	1580,79 gram	1590,55 gram	0,077	9,01
Penutupan 75%	1067,94 gram	1075,76 gram	0,091	7,61
Penutupan 50%	881,59 gram	889,16 gram	0,107	6,47
Penutupan 25%	537,98 gram	545,14 gram	0,165	4,20

Berdasarkan Tabel 15 di atas, semua tanaman eceng gondok yang ditanam mengalami peningkatan berat basah. Hal ini menunjukkan bahwa, air yang

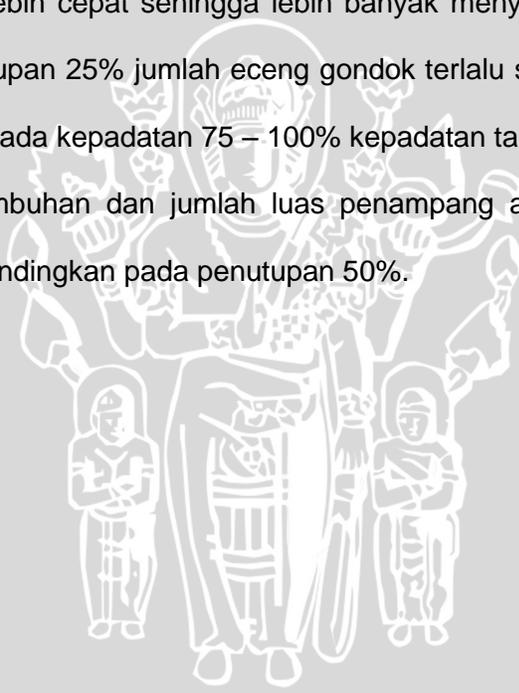
digunakan dalam media tanam mengandung unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan eceng gondok. Sehingga tanaman eceng gondok mampu menyerap unsur hara tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan RGR dan DT (**Lampiran 9**) dapat dilihat bahwa pada saat pertumbuhan relatif rata – rata (RGR) tanaman meningkat, maka waktu berganda (DT) tanaman akan menurun semakin cepat. Kondisi ini menggambarkan proses pertumbuhan yang terjadi pada tanaman eceng gondok dapat tumbuh dengan baik, maka tanaman akan semakin berkembang biak dan waktu yang dibutuhkan tanaman untuk berganda semakin cepat. Oleh karena itu, perubahan senyawa nitrat dan ortofosfat dalam air berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman tersebut. Hal ini dapat dilihat pada penurunan nitrat dan ortofosfat selama waktu pengamatan. Menurut Indah *et al.* (2014), peningkatan berat basah disebabkan karena akar – akar tanaman mampu menyerap dengan baik bahan organik yang mendukung nutrisi dan menyimpannya ke dalam jaringan vascular tanaman yang digunakan untuk proses metabolisme dan memperbanyak sel. Bahan organik yang ada digunakan sebagai nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman air. Eceng gondok dapat tumbuh dengan cepat dua kali lipat pada kondisi sesuai setiap 11 – 18 hari.

Laju pertumbuhan relatif (RGR) dapat dikatakan sebagai peningkatan bahan organik per hari. Pada **Tabel 15**, dapat terlihat bahwa RGR tertinggi pada penutupan 25%. RGR tertinggi menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok pada penutupan 25% memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan pada penutupan yang lain. Hal ini sesuai dengan penurunan nitrat dan ortofosfat pada aquarium percobaan, sehingga nitrat dan ortofosfat digunakan oleh eceng gondok untuk pertumbuhannya. Menurut Febrianty (2011), bahwa laju pertumbuhan relatif (RGR)

yang besar dapat menunjukkan *doubling time* (waktu penggandaan) yang kecil sehingga tingkat produktivitas eceng gondok meningkat. Sedangkan, laju pertumbuhan relatif (RGR) yang kecil dapat menunjukkan *doubling time* (waktu penggandaan) yang besar sehingga tingkat produktivitas menurun.

Nilai RGR ini juga mendukung hipotesa yang mengatakan kalau untuk penyerapan nitrat dan ortofosfat penutupan 50% adalah kombinasi terbaik antara jumlah eceng gondok dan tingkat kepadatan yang berhubungan dengan jumlah luas penampang tanaman yang aktif terpapar media tanam. Ketika kepadatan renggang tanaman bisa tumbuh lebih cepat sehingga lebih banyak menyerap nutrisi, hanya saja pada jumlah penutupan 25% jumlah eceng gondok terlalu sedikit dibandingkan penutupan 50 - 100%. Pada kepadatan 75 – 100% kepadatan tanaman terlalu tinggi, sehingga tingkat pertumbuhan dan jumlah luas penampang aktif terpapar media tanam lebih rendah dibandingkan pada penutupan 50%.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penutupan terbaik pada penurunan nitrat dan ortofosfat terjadi pada media yang ditanaman eceng gondok dengan penutupan 50% dengan persentase penurunan nitrat sebesar 66,92% dan ortofosfat sebesar 83,50%. Hal ini ditunjukkan dengan hasil sidik ragam bahwa ada perbedaan yang sangat nyata pada perlakuan perbedaan penutupan tanaman. Dapat dilihat dari Fhitung yang lebih besar dari Ftabel pada penurunan nitrat dan ortofosfat sebesar (Fhitung 99,402 > Ftabel 3,72) dan (Fhitung 1806,185 > Ftabel 3,72). Begitupun pada waktu dalam perlakuan juga memberikan hasil yang berbeda sangat nyata dengan nilai Fhitung yang lebih besar dari Ftabel pada penurunan nitrat dan ortofosfat sebesar (Fhitung 175,081 > Ftabel 2,27) dan (Fhitung 3176,103 > Ftabel 2,27) dengan selang kepercayaan 95%.
- Dari data pada parameter kualitas pendukung yang didapatkan bahwa suhu pada saat penelitian yaitu berkisar antara 23,1 °C – 25,0 °C. Kondisi pH memiliki kisaran antara 4,0 – 8,0. Sedangkan oksigen terlarut (DO) berkisar antara 2,49 mg/L – 4,04 mg/L. Kondisi kualitas air pendukung tersebut masih mendukung kehidupan dan penyerapan eceng gondok.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah eceng gondok mampu digunakan untuk menurunkan unsur hara pada limbah cair industri tempe sehingga perlu adanya

penelitian lebih lanjut tentang penggunaan tanaman eceng gondok dengan menggunakan industri yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A., dan A. Damayanti. 2013. Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 6 – 9.
- Alianto., E. M. Adiwilaga., A. Damar., E. Harris. 2009. Pengukuran Nutrien Inorganik Terlarut di Zona Eufotik Perairan Teluk Banten. *Indo J Chem*. 9(2): 217 – 225.
- Alloway, B. J., and D. C. Ayres. 1997. *Chemical Principles Of Environmental Pollution*. Blackie Academic And Professional: New York.
- Arizuna, M., D. Suprpto., M. R. Muskananfola. 2014. Kandungan Nitrat Dan Fosfat Dalam Air Pori Sedimen Di Sungai Dan Muara Sungai Wedung Demak. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1): 7 – 16.
- Armando, R., dan J. Sugito. 2008. *Penanganan Dan Pengolahan Sampah*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Armita, Dewi. 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air Di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut Di Dusun Malelaya Desa Punaga Kecamatan Mangararombang Kabupaten Takalar. *Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin*. Makasar: Makasar.
- Barus, S. L., Yunasfi., A. Suryanti. 2014. Keanekaragaman Dan Kelimpahan Perifiton Di Perairan Sungai Deli Sumatera Utara. *USU*. 1(1): 139 – 149.
- Bonifasius., dan Nainggolan. 2009. Perbandingan Uji Tukey (Uji Beda Nyata Jujur (BNJ)) Dengan Uji Fisher (Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)) Dalam Uji Lanjut Data Rancangan Percobaan. *Majalah Ilmiah Panorama Nusantara*. 1(1): 11 – 17.
- Boyd, C. E. 1982. *Water Quality and Warmwater Fish Ponds*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University.
- Cordova, M. R. 2008. Kajian Air Limbah Domestik Di Perumnas Bantar Kemang Kota Bogor Dan Pengaruhnya Pada Sungai Ciliwung. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dewi, R. K., W. R. Melani., A. Zulfikar. 2013. Efektifitas dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat Pada Detergen Menggunakan Kiambang (*Pistia stratiotes*). *Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Raja Ali Haji*. 1(1): 1 – 8.

- Dewi, Y. S. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik. Jurnal Teknik Lingkungan. 13(2): 151 – 158.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan. Kanisius: Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air Dan Udara. Kanisius: Yogyakarta.
- Febrianty, E. 2011. Produktivitas Alga *Hydrodictyon* Pada Sistem Perairan Tertutup (*Closed System*). Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Ghufran, M. H., dan Kordi, K. 2010. Nikmat Rasanya Nikmat Untungnya Pintar Budi Daya Ikan Di Tambak Secara Intensif. Andi: Yogyakarta.
- Hambali, E., S. Mujdalipah., A. H. Tambunan., A. W. Pattiwiri., R. Hendroko.2007. Teknologi Bioenergi. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Hanafiah, K. A. 1991. Rancangan Percobaan Teori Dan Aplikasi. Raja Grafindo Persada: Jakarta.
- Hardyanti, N., dan S. S. Rahayu. 2007. Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry. *Jurnal Presipitasi*. 2(1): 28 – 33.
- Haridjaja, O., W. Purwakusuma., dan R. Safitri. 2012. Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Kiambang (*Salvinia molesta* D. mitch) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Greywater Hidroponik Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)
- Haryanti, S., R. B. Hastusti., E. D Hastusti., Y. Nurchayati. 2010. Adaptasi Morfologi Fisiologi Dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) Di Berbagai Perairan Tercemar. *Adaptasi Morfologi Fisiologi Dan Anatomi*. 1(1): 36 – 46.
- Hayatul, H. dan Esmiralda. 2011. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Lin). *Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas*. 1(1): 1 -13.
- Hermawati, E., Wiryanto., dan Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Biosmart*. 7(2):115 – 124.
- Herlambang, A. 2006. Pencemaran Air Dan Strategi Penanggulangannya. *JAI*. 2(1): 16 – 29.

- Husin, A. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Biofiltrasi Anaerob Dalam Reaktor Fixed – Bed. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ibrahim, P. S. 2014. Efektivitas dan Efisiensi Penyerapan Orthofosfat Pada Limbah Detergen Dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*. L) Dan Kiambang (*Salvina molesta*). *Skripsi*. Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Indah, L. S., B. Hendrarto., dan P. Soedarsono. 2014. Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia* sp.) Kangkung Air (*Ipomea* sp.) Dan Kayu Apu (*Pistia* sp.) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1): 1 – 6.
- Isaac, S., and W. B. Michael. 1977. Handbook in Research and Evaluations. San Diego, California: Ediths Publisher.
- Izzati, M. 2012. Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak Setelah Penambahan Rumput Laut Sargassum Plagyophyllum Dan Ekstraknya. *Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut*. 1(1): 60 – 69.
- Jenie, B. S. L., dan W. P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius: Yogyakarta.
- Juhaeti, T., F. Syarif., N. Hidayati. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan Dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodiversitas*. 6(1): 31 – 33.
- Khusnuryani, A. 2008. Mikrobia Sebagai Agen Penurunan Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. 1(1): 144 - 151.
- Kuncoro, E. B. 2008. Aquascape Pesona Taman Akuarium Air Tawar. Kanisius: Yogyakarta.
- Lingga, P., dan Marsono. 2008. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Mahyuddin, K. 2010. Agribisnis Patin. Penebar Swadaya: Bogor.
- Manampiring, A. E. 2009. Studi Kandungan Nitrat (NO_3^-) Pada Sumber Air Minum Masyarakat Kelurahan Rusukan Kecamatan Tomohon Timur Kota Tomohon. *Karya Ilmiah*. Departemen Pendidikan Nasional RI Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Musdalifah, F. E. 2013. Hubungan Ikan Dengan Faktor Abiotiknya Di Sungai Brantas Bagian Hulu. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.

- Nurhayati. 2006. Distribusi Vertikal Suhu Salinitas Dan Arus Di Perairan Morotai Maluku Utara. *Oseanologi Dan Limnologi*. 40: 29 – 41.
- Nurmitha, A., L. Samang., dan A. Zubair. 2014. Fitoremediasi Pengolahan Limbah Cair Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. 1(1): 1 – 12.
- Ompusunggu, Henni. 2009. Analisa Kandungan Nitrat Air Sumur Gali Masyarakat Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Di Desa Namo Bintang Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Pangestu, P. C., Suryanti., dan P. Soedarsono. 2014. Konsentrasi Bahan Organik Pada Proses Pembusukan Akar, Batang, Dan Daun Eceng Gondok (*Eichhornia sp.*) Skala Laboratorium. *Diponegoro Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources*. 3(1): 44 – 50.
- Paramita, P., M. Shovitri., dan N. D. Kuswytasari. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar Dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 1(1): 23 – 26.
- Patty, W ., dan A. Tarumingkeng. 2007. Variasi Temporal Dari Penyebaran Suhu Di Muara Sungai Sario. *Ilmu Kelautan*. 12(2): 73 – 78.
- Pujawati, E. D. 2006. Pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solm) Pada Air Bekas Penambangan Batubara. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. 18(1): 94 – 103.
- Purnamasari, M. 2014. Efektivitas Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Dalam Menurunkan Kandungan Nitrat (NO_3) Dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Limbah Cair Tahu. *Skripsi*. Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang: Malang.
- Putera, R. D. H. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Fakultas Teknik Program Teknik Kimia. Depok.
- Rasyid, A. J. 2010. Distribusi Suhu Permukaan Pada Musim Peralihan Barat – Timur Terkait Dengan *Fishing Ground* Ikan Pelagis Kecil Di Perairan Spermonde. *Torani Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*. 20(1): 1 – 7.
- Ratnani, R. D. R., i. Hartati., dan L. Kurniasari. 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demond), Ph, Bau, Dan Warna Pada Limbah Cair Tahun. *Penelitian Terapan*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasym Semarang: Semarang

- Rosmarkam, A., dan N. W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius: Yogyakarta.
- Rukmi, D. P., Ellyke., dan R. S. Pujiati. 2013. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar Deterjen BOD Dan COD Pada Air Limbah Laundry. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. 1(1): 1 – 7.
- Salisbury, F. B dan C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. 30(3): 21 – 26.
- Sampurna, I. P., dan T. S. Nindhia. 2013. Penuntun Praktikum Rancangan Percobaan Dengan SPSS. *Buku Praktikum*. 1(1): 1 – 160.
- Setyanto. E. 2005. Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen Dalam Kajian Komunikasi. *Jurnal Ilmu Komunikasi*. 3(1): 37 – 48.
- Siahaan, N. H. T. 2004. Hukum Lingkungan Dan Ekologi Pembangunan. Erlangga: Jakarta.
- Siregar, S. A. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Kanisius: Yogyakarta.
- Soeparman., dan Suparmin. 2002. Pembuangan Tinja Dan Limbah Organik. EGC: Jakarta.
- Stefhany, C. A., M. Sutisna., dan K. Pharmawati. 2013. Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian Laundry. *Jurnal Institut Teknologi Nasional* 1(1): 1 – 11.
- Sugara, C. 2013. Komunitas dan Struktur Bioflok Pada Tambak Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Secara Intensif. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Suprpti, M. L. 2003. Pembuatan Tempe. Kanisius: Yogyakarta.
- Supriyatno, B. 2000. Pengelolaan Air Limbah Yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi Dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1(1): 17 – 26.
- Suryati, T., dan B. Priyanto. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 4(3): 143 – 147.
- Sutiknowati, L. I. 2010. Kelimpahan Bakteri Fosfat Di Padang Lamun Teluk Banten. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*. 36(1): 21 – 35.

- Syamsurisal. 2011. Studi Beberapa Indeks Komunitas Makrozoobenthos Di Hutan Mangrove Kelurahan Coppo Kabupaten Barru. *Skripsi*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Tjahaja, P. I dan P. Sukmabuana. 2007. Penyerapan 123 Cs Dari Tanah Oleh Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus*, Less). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. 1(1): 289 – 298.
- Wang, L. K., J. H Tay., S. T. L. Tay., and Y. T. Hung. 2010. Environmental Bioengineering. Humana Press: USA.
- Wibowo, R. K. A. 2009. Analisis Kualitas Air Pada Sentral Outlet Tambak Udang Sistem Terpadu Tulang Bawang Lampung. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Wignyanto., N. Hidayat., A. Ariningrum. 2009. Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahannya Kajian Pengaturan Kecepatan Aerasi Dan Waktu Inkubasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 10(2): 128 – 185.
- Winarno, C. G. P. 2008. Efisiensi Pemupukan P Pada Lahan Sawah Pasir Pantai Selatan Yogyakarta Yang Diberi Zeolit Dengan Indikator Tanaman Pada (*Oryza sativa* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Yuliana, M., T. S. Raza'i., dan A. Zulfikar. 2013. Efektifitas Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat Pada Detergen Dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Maritim Raja Ali Haji Of University*. 1(1):1 - 6
- Zaman, B., dan E. Sutrisno. 2006. Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok Terhadap Amoniak Dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur Dan Lama Kontak Studi Kasus RS Panti Wilasa Semarang. *Jurnal Preseptasi*. 1(1): 49 – 54.
- Zipcodezoo. 2014. <http://www.zipcodezoo.com>. Diakses pada tanggal 15 Desember 2014. Pada pukul 19.00 WIB.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat	Bahan	Parameter yang Diukur	Unit Satuan
pH meter	Limbah cair tempe	pH	Asam atau Basa
DO meter	Limbah cair tempe	DO	mg/L
Timbangan Digital	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Biomassa tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>),	Gram (gr)
Termometer Digital	Limbah cair tempe	Suhu	$^{\circ}\text{C}$
Spektrofotometer, hot plate, beaker glass, gelaas ukur, spatula, Erlenmeyer, pipet volume, pipet tetes, cuvet, porselen, dan cawan	Air sampel, Asam fenol disulfonik, NH_4OH , SnCl_2 , Ammonium molybdat, dan Aquades	Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) pada limbah cair tempe	mg/L
Aquarium	Limbah cair tempe, eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Penyerapan Nitrat (NO_3^-) dan Ortofosfat (PO_4^{3-}) pada limbah cair tempe	Liter

Lampiran 2. Fungsi Alat dan Bahan

Alat dan Fungsinya

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Cawan Porselin	Untuk tempat pembuatan kerak nitrat
2.	Gelas Ukur	Untuk mengukur air sampel
3.	Pipet Volume	Untuk mengambil larutan dengan skala tertentu
4.	Pipet Tetes	Untuk mengambil larutan skala kecil
5.	Hot Plate	Untuk membuat kerak nitrat
6.	Cuvet	Untuk wadah larutan pada spektrofotometer
7.	Spektrofotometer	Untuk mengukur nilai nitrat dan fosfat
8.	Spatula	Untuk mengaduk larutan
9.	Erlenmeyer	Untuk tempat mereaksikan larutan
10.	Statif	Sebagai penyangga buret
11.	Buret	Sebagai tempat larutan titran
12.	DO meter	Untuk mengukur oksigen terlarut pada limbah cair tempe
13.	pH meter	Untuk mengukur besarnya pH terlarut pada limbah cair tempe
14.	Termometer digital	Untuk mengukur suhu pada limbah cair tempe
15.	Timbangan digital	Untuk mengukur biomassa tanaman
16.	Bak atau Aquarium	Sebagai wadah pada media tanaman penelitian
17.	Botol sampel 600mL	Sebagai tempat limbah cair industri tempe

Bahan dan Fungsinya

No.	Nama Bahan	Kegunaan
1.	Kertas saring	Untuk menyaring air sampel
2.	Asam fenol disulfonik	Untuk melarutkan lemak pada kerak nitrat
3.	Kerak nitrat	Kerak yang akan diukur kadar nitratnya
4.	NH ₄ OH	Untuk memberikan warna pada larutan nitrat
5.	Ammonium molybdate	Untuk mengikat dan mengubah fosfor menjadi ammonium fosfo molybdate
6.	SnCl ₂	Untuk memberikan warna pada larutan fosfat
7.	Na ₂ CO ₃	Untuk titrasi CO ₂ bebas
8.	Indikator PP	Untuk memberikan warna pink atau ungu pada air sampel
9.	Air sampel	Sampel yang akan dianalisa
10	Limbah cair tempe	Sebagai sampel yang akan diuji kadar nitrat dan ortofosfatnya

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



PERSIAPAN AQUARIUM



PERSIAPAN LIMBAH CAIR TEMPE



PENGUKURAN LIMBAH



PENYORTIRAN ECENG GONDOK



AKLIMATISASI ECENG GONDOK



PENGUKURAN AQUADES



MEMASUKKAN ECENG GONDOK KE DALAM AQUARIUM



MENIMBANG BERAT ECENG GONDOK



PENGUKURAN DO (DISSOLVED OXYGEN)

Lanjutan Lampiran 3.



PENGUKURAN pH



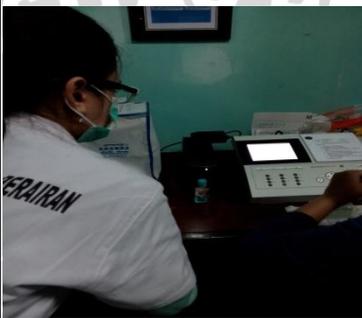
PENGUKURAN SUHU



PENGUKURAN NITRAT



PENGUKURAN ORTOFOSFAT



PENGGUNAAN SPEKTROFOTOMETER



KONDISI AWAL ECENG GONDOK



PENELITIAN AWAL



KONDISI AKHIR ECENG GONDOK



PENELITIAN AKHIR

Lampiran 4. Data Pengukuran Suhu

Data Hasil Pengukuran Suhu (°C) Pukul 06.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	20,9	20,9	21,2
	2	21,8	21,7	22,0
	3	21,7	21,8	21,5
	4	21,4	21,4	21,8
	5	22,2	22,3	21,7
	6	22,1	22,0	21,4
	7	22,1	22,3	22,0
	8	21,5	21,8	21,9
PENUTUPAN 75% (B)	1	21,0	20,9	21,1
	2	21,7	21,7	21,8
	3	21,5	21,9	21,6
	4	21,8	21,3	21,8
	5	21,8	22,3	21,9
	6	21,6	22,1	22,0
	7	21,7	22,5	21,6
	8	21,9	21,6	22,1
PENUTUPAN 50% (C)	1	21,2	20,9	21,2
	2	21,7	21,7	21,7
	3	21,4	22,0	22,5
	4	21,8	21,3	21,2
	5	21,9	22,7	23,4
	6	21,8	22,4	22,1
	7	21,4	22,8	23,3
	8	21,9	21,7	22,0
PENUTUPAN 25% (D)	1	21,0	21,1	21,0
	2	21,7	21,7	21,7
	3	21,4	21,7	22,3
	4	21,5	21,7	21,2
	5	22,0	22,0	22,7
	6	21,9	22,0	22,8
	7	21,7	22,2	22,9
	8	21,9	21,6	21,4
PENUTUPAN 0% (E)	1	21,6	21,2	22,1
	2	22,2	22,5	22,1
	3	21,6	23,0	21,7
	4	21,5	21,2	21,3
	5	21,8	22,5	21,6
	6	22,0	22,5	21,5
	7	22,2	22,9	22,3
	8	21,2	21,9	21,8

Lanjutan Lampiran 4.

Data Hasil Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Pukul 12.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	24,5	24,5	25,6
	2	25,3	25,2	25,6
	3	25,2	25,4	25,9
	4	25,8	25,5	26,6
	5	24,9	25,0	25,6
	6	24,8	25,0	25,7
	7	24,6	24,4	24,8
	8	24,3	24,1	25,0
PENUTUPAN 75% (B)	1	25,1	24,3	24,6
	2	25,6	25,1	25,7
	3	25,9	25,3	25,5
	4	26,6	25,3	26,3
	5	25,5	25,4	25,7
	6	25,6	25,3	25,4
	7	24,8	24,9	24,9
	8	24,6	24,4	24,5
PENUTUPAN 50% (C)	1	24,7	24,2	23,9
	2	25,6	25,1	25,0
	3	25,7	25,3	24,7
	4	26,4	25,1	25,2
	5	25,8	25,5	25,0
	6	25,5	25,1	25,7
	7	24,6	25,1	24,2
	8	24,6	24,7	24,1
PENUTUPAN 25% (D)	1	24,4	24,6	24,0
	2	25,6	25,6	25,2
	3	25,3	25,3	25,2
	4	25,7	26,0	25,2
	5	25,0	25,0	25,0
	6	24,8	25,3	25,4
	7	24,3	24,6	24,4
	8	24,3	24,4	24,2
PENUTUPAN 0% (E)	1	24,5	23,8	23,8
	2	25,2	25,2	25,0
	3	25,3	24,3	25,2
	4	26,0	25,5	26,1
	5	25,7	25,9	25,3
	6	25,9	25,3	25,4
	7	25,7	25,2	24,9
	8	24,9	25,6	24,9

Lanjutan Lampiran 4.

Data Hasil Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Pukul 18.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	23,6	23,6	23,4
	2	24,0	24,1	23,9
	3	25,1	25,0	24,5
	4	24,3	24,4	24,5
	5	24,4	24,4	24,4
	6	22,9	22,8	22,6
	7	24,2	24,1	24,2
	8	23,7	23,8	23,7
PENUTUPAN 75% (B)	1	23,4	23,4	23,6
	2	23,9	24,1	23,9
	3	24,4	25,0	24,3
	4	24,4	24,8	24,5
	5	24,4	24,5	24,2
	6	22,7	23,2	22,7
	7	23,5	24,0	23,8
	8	23,4	23,8	24,0
PENUTUPAN 50% (C)	1	23,4	23,3	23,5
	2	23,9	24,1	24,2
	3	24,3	24,9	25,2
	4	24,3	24,8	25,3
	5	24,5	24,4	24,5
	6	22,7	22,9	24,0
	7	23,8	23,5	23,7
	8	23,4	23,6	23,7
PENUTUPAN 25% (D)	1	23,6	23,5	23,5
	2	23,8	24,0	24,1
	3	25,0	24,4	24,9
	4	24,2	24,1	25,0
	5	24,2	24,1	24,7
	6	22,8	22,5	25,5
	7	23,2	23,0	23,3
	8	22,8	22,7	23,0
PENUTUPAN 0% (E)	1	23,6	23,6	23,7
	2	23,9	24,3	23,9
	3	24,4	25,1	24,3
	4	24,1	25,0	24,4
	5	24,2	24,7	24,5
	6	22,7	23,3	22,3
	7	23,7	23,5	23,4
	8	22,8	22,7	22,6

Lampiran 5. Data Pengukuran pH

Data Hasil Pengukuran pH Pukul 06.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	5,0	5,0	5,0
	2	4,6	4,7	4,9
	3	6,1	6,0	5,9
	4	6,6	6,9	6,6
	5	6,9	7,4	7,0
	6	7,5	7,4	7,6
	7	7,7	7,7	7,9
	8	8,0	8,1	8,0
PENUTUPAN 75% (B)	1	5,1	4,9	4,9
	2	4,9	6,0	4,4
	3	6,3	6,3	6,1
	4	6,8	7,0	6,5
	5	7,1	7,4	6,8
	6	7,7	7,6	7,6
	7	8,0	7,9	7,9
	8	8,1	8,1	8,1
PENUTUPAN 50% (C)	1	5,0	4,9	4,9
	2	4,9	5,6	5,8
	3	6,2	6,3	6,1
	4	6,6	7,0	6,7
	5	6,9	7,3	7,4
	6	7,6	7,8	7,8
	7	7,9	8,1	7,7
	8	8,0	8,3	8,2
PENUTUPAN 25% (D)	1	4,9	4,9	4,8
	2	4,7	5,1	5,1
	3	5,8	6,1	6,2
	4	6,6	6,6	6,9
	5	6,9	7,1	7,3
	6	7,6	7,5	7,8
	7	7,9	8,0	7,9
	8	7,6	7,6	7,6
PENUTUPAN 0% (E)	1	4,7	4,7	4,7
	2	3,7	3,7	4,0
	3	4,7	4,9	5,1
	4	5,3	5,5	5,9
	5	5,8	5,7	6,3
	6	6,6	6,5	7,1
	7	7,0	7,0	7,4
	8	7,5	7,4	7,9

Lanjutan Lampiran 5.

Data Hasil Pengukuran pH Pukul 12.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	4,8	4,9	4,9
	2	5,0	5,5	4,9
	3	6,0	6,4	6,1
	4	7,0	7,2	7,1
	5	7,5	7,4	7,5
	6	7,5	7,6	7,7
	7	7,8	7,7	7,9
	8	7,9	7,9	8,0
PENUTUPAN 75% (B)	1	5,0	4,9	4,8
	2	4,4	4,9	4,3
	3	6,1	6,4	6,1
	4	7,2	7,2	6,9
	5	7,6	7,5	7,7
	6	7,6	7,6	7,6
	7	7,9	7,9	8,0
	8	8,0	8,0	8,0
PENUTUPAN 50% (C)	1	4,8	5,0	5,1
	2	4,3	5,3	5,0
	3	5,9	6,6	6,2
	4	7,0	7,1	7,0
	5	7,5	7,6	7,5
	6	7,6	7,7	7,9
	7	7,8	8,0	7,8
	8	8,0	8,1	8,0
PENUTUPAN 25% (D)	1	4,7	4,7	5,0
	2	4,6	4,4	5,1
	3	6,2	6,0	6,2
	4	7,0	7,0	6,8
	5	7,4	7,3	7,5
	6	7,6	7,6	7,7
	7	8,0	8,0	8,0
	8	8,0	8,1	8,0
PENUTUPAN 0% (E)	1	4,8	4,8	5,1
	2	3,9	4,2	4,2
	3	5,0	4,6	5,4
	4	5,5	5,6	6,3
	5	6,4	6,2	7,0
	6	6,7	6,6	7,0
	7	7,1	7,0	7,6
	8	7,5	7,5	7,9

Lanjutan Lampiran 5.

Data Hasil Pengukuran pH Pukul 18.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	4,3	4,4	4,2
	2	5,6	5,7	5,8
	3	6,4	6,6	6,3
	4	6,9	7,4	7,0
	5	7,4	7,5	7,4
	6	7,6	7,7	7,9
	7	7,7	7,8	7,8
	8	8,0	8,0	8,0
PENUTUPAN 75% (B)	1	4,1	4,3	4,0
	2	5,0	5,6	5,2
	3	6,3	6,3	6,2
	4	7,1	7,4	6,8
	5	7,7	7,5	7,7
	6	8,1	7,9	7,8
	7	7,8	7,8	7,9
	8	8,0	8,0	8,0
PENUTUPAN 50% (C)	1	3,8	4,3	4,4
	2	5,0	5,5	5,4
	3	6,0	6,5	6,4
	4	6,9	7,3	7,4
	5	7,7	7,8	7,8
	6	7,8	8,0	7,9
	7	7,9	7,8	7,9
	8	8,0	8,0	8,0
PENUTUPAN 25% (D)	1	4,0	3,9	4,4
	2	5,7	5,8	5,3
	3	6,0	6,0	6,4
	4	6,9	7,1	7,3
	5	7,4	7,5	7,6
	6	7,7	7,9	7,9
	7	7,8	7,9	7,8
	8	8,0	8,0	8,0
PENUTUPAN 0% (E)	1	3,7	3,7	3,9
	2	4,2	4,4	4,5
	3	4,9	4,8	5,7
	4	5,8	5,7	6,3
	5	6,6	6,3	7,0
	6	7,0	6,8	7,3
	7	6,8	6,9	6,9
	8	7,9	7,9	7,8

Lampiran 6. Data Pengukuran DO

Data Hasil Pengukuran DO (mg/l) Pukul 06.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	4,25	4,49	3,48
	2	3,94	3,56	3,90
	3	2,81	3,89	3,89
	4	2,82	3,87	3,69
	5	3,68	2,66	2,39
	6	3,78	3,81	3,82
	7	3,63	3,64	3,63
	8	3,93	3,97	3,91
PENUTUPAN 75% (B)	1	3,89	3,55	3,70
	2	3,70	3,87	3,97
	3	3,32	3,18	3,12
	4	3,91	3,86	3,85
	5	3,83	3,86	3,84
	6	3,98	3,95	3,95
	7	3,87	3,81	3,62
	8	3,87	3,67	3,43
PENUTUPAN 50% (C)	1	3,56	5,77	5,11
	2	3,02	3,44	3,12
	3	3,72	3,73	3,78
	4	3,86	3,69	3,88
	5	3,96	3,92	3,93
	6	4,28	4,12	4,17
	7	3,62	3,78	3,67
	8	3,78	3,76	3,86
PENUTUPAN 25% (D)	1	3,58	3,37	3,89
	2	3,41	3,61	3,97
	3	3,54	3,66	3,92
	4	3,82	3,63	3,31
	5	3,52	3,59	3,57
	6	3,81	3,85	3,82
	7	3,24	3,25	3,28
	8	3,86	3,83	3,76
PENUTUPAN 0% (E)	1	3,28	3,03	3,65
	2	2,99	2,83	2,85
	3	3,16	3,01	3,22
	4	2,23	2,98	2,58
	5	3,57	2,87	2,96
	6	2,41	2,39	2,26
	7	2,58	2,38	2,34
	8	2,52	2,52	2,47

Lanjutan Lampiran 6.

Data Hasil Pengukuran DO (mg/l) Pukul 12.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	3,50	3,67	2,45
	2	3,59	3,51	3,57
	3	2,86	2,89	2,83
	4	3,86	3,87	3,84
	5	3,48	3,49	3,47
	6	3,74	3,76	3,75
	7	3,67	3,62	3,65
	8	3,05	3,04	3,11
PENUTUPAN 75% (B)	1	2,73	2,77	2,65
	2	3,42	3,31	3,06
	3	3,82	3,15	3,59
	4	3,79	3,98	3,92
	5	3,87	3,86	3,86
	6	3,95	3,93	3,98
	7	3,74	3,64	3,65
	8	3,95	3,94	3,93
PENUTUPAN 50% (C)	1	2,83	3,26	2,39
	2	3,39	3,52	3,24
	3	3,78	3,75	3,79
	4	3,85	3,75	3,81
	5	3,89	3,96	3,98
	6	4,15	4,25	4,16
	7	3,97	3,83	3,91
	8	3,65	3,69	3,69
PENUTUPAN 25% (D)	1	3,49	3,46	3,42
	2	3,49	3,13	3,26
	3	3,96	3,87	3,78
	4	3,71	3,74	3,65
	5	3,84	3,94	3,84
	6	3,98	3,88	3,86
	7	3,85	3,87	3,60
	8	3,23	3,40	3,67
PENUTUPAN 0% (E)	1	3,09	3,66	3,38
	2	2,88	2,86	2,78
	3	3,55	3,25	2,70
	4	2,56	2,85	2,56
	5	2,85	2,69	2,59
	6	2,67	2,75	2,71
	7	2,56	2,47	2,63
	8	2,45	2,44	2,42

Lanjutan Lampiran 6.

Data Hasil Pengukuran DO (mg/l) Pukul 18.00 WIB

PERLAKUAN	PENGAMATAN HARI KE	ULANGAN		
		I	II	III
PENUTUPAN 100% (A)	1	3,76	3,24	3,10
	2	3,01	2,95	2,89
	3	2,95	2,89	2,94
	4	3,83	3,85	3,87
	5	3,58	3,56	3,57
	6	3,98	3,96	3,98
	7	3,86	3,83	3,87
	8	3,54	3,56	3,58
PENUTUPAN 75% (B)	1	2,79	3,29	2,77
	2	3,27	3,35	3,39
	3	3,39	3,49	3,39
	4	3,75	3,74	3,73
	5	3,81	3,87	3,84
	6	3,97	3,96	3,91
	7	3,14	3,24	3,97
	8	3,18	3,66	3,76
PENUTUPAN 50% (C)	1	2,89	3,45	3,57
	2	3,13	3,93	3,07
	3	3,87	3,89	3,90
	4	3,92	3,98	3,98
	5	3,76	3,77	3,79
	6	4,27	4,20	4,11
	7	3,78	3,73	3,87
	8	3,57	3,56	3,54
PENUTUPAN 25% (D)	1	3,90	3,65	3,08
	2	3,20	3,30	3,62
	3	3,45	3,42	3,55
	4	3,90	3,98	3,87
	5	3,84	3,91	3,94
	6	3,79	3,72	3,77
	7	3,56	3,98	3,46
	8	3,52	3,34	3,55
PENUTUPAN 0% (E)	1	3,09	3,04	3,00
	2	2,73	2,84	2,75
	3	2,85	2,16	2,80
	4	2,28	3,18	2,93
	5	2,54	2,77	2,57
	6	2,54	2,45	2,89
	7	2,55	2,67	2,56
	8	2,43	2,45	2,46

Lampiran 7. Data Hasil Pengamatan Penurunan Kandungan Nitrat

Perlakuan	Waktu	Penutupan 100%					Penutupan 75%				
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Penga matan	1	13,799	12,235	10,505	8,677	6,507	13,799	12,159	10,396	8,317	5,569
	2	13,552	12,236	10,506	8,678	6,508	13,552	12,162	10,397	8,317	5,569
	3	13,614	12,235	10,505	8,676	6,507	13,614	12,157	10,395	8,318	5,136
Sub Total		40,965	36,706	31,516	26,031	19,522	40,965	36,478	31,188	24,952	16,274
Total		154,74					149,857				

Perlakuan	Waktu	Penutupan 50%					Penutupan 25%				
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Penga matan	1	13,799	12,013	10,044	7,544	4,579	13,799	12,277	10,646	8,892	8,292
	2	13,799	12,015	10,044	7,545	4,765	13,552	12,276	10,647	8,892	7,488
	3	13,614	12,015	10,045	7,544	4,208	13,614	12,278	10,646	8,893	4,827
Sub Total		41,212	36,043	30,133	22,633	13,552	40,965	36,831	31,939	26,677	20,607
Total		143,573					157,019				

Perlakuan	Waktu	Penutupan 0%				
		0	2	4	6	8
Penga matan	1	13,799	13,072	12,288	11,327	10,162
	2	13,552	13,071	12,287	11,329	10,162
	3	13,614	13,072	12,292	11,331	10,165
Sub Total		40,965	39,215	36,867	33,987	30,489
Total		181,523				

$$Faktor Koreksi (FK) = \frac{Y^2}{abn} = \frac{(13,799+12,235+\dots+10,165)^2}{5 \times 5 \times 3} = \frac{(786,712)^2}{75} = 8252,21$$

$$JK Total (JKT) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^3 Y_{ijk}^2 - \frac{(Y)^2}{abn}$$

$$= (13,799^2 + 12,235^2 + \dots + 10,165^2) - 8252,21$$

$$= 8806,575 - 8252,21$$

$$= 554,365$$

$$JK Perlakuan (JKP) = \sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn} - \frac{(Y)^2}{abn}$$

$$= \frac{(154,74^2 + 149,857^2 + \dots + 181,523^2)}{5 \times 3} - \frac{(786,712)^2}{5 \times 5 \times 3}$$

$$= 8308,024 - 8252,21 = 55,814$$

$$JK Waktu (Perlakuan) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \frac{Y_{ij}^2}{n} - (\sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn})$$

$$= \frac{(40,965^2 + 36,706^2 + \dots + 30,489^2)}{3} - \frac{(154,74^2 + 149,857^2 + \dots + 181,523^2)}{5 \times 3}$$

$$= \frac{26378,37}{3} - \frac{124549,496}{15}$$

$$= 8799,557 - 8308,024$$

$$= 491,533$$

$$JK Waktu (Penutupan 100%) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \frac{Y_{ij}^2}{n} - (\sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn})$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(40,965^2 + 36,706^2 + \dots + 19,522^2)}{3} - \frac{(13,799 + 13,552 + \dots + 6,507)^2}{15} \\
 &= \frac{5077,441}{3} - \frac{23944,47}{15} \\
 &= 1692,48 - 1596,298 \\
 &= 96,183
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 75\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(40,965^2 + 36,478^2 + \dots + 16,274^2)}{3} - \frac{(13,799 + 13,552 + \dots + 5,136)^2}{15} \\
 &= \frac{4868,912}{3} - \frac{22457,12}{15} \\
 &= 1622,971 - 1497,141 \\
 &= 125,829
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 50\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(40,965^2 + 36,043^2 + \dots + 13,552^2)}{3} - \frac{(13,799 + 13,552 + \dots + 4,208)^2}{15} \\
 &= \frac{4601,434}{3} - \frac{20613,21}{15} \\
 &= 1533,811 - 1374,214 \\
 &= 159,597
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 25\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(40,965^2 + 36,831^2 + \dots + 20,607^2)}{3} - \frac{(13,799 + 13,552 + \dots + 4,827)^2}{15} \\
 &= \frac{5191,064}{3} - \frac{24654,97}{15} \\
 &= 1730,355 - 1643,664 \\
 &= 86,690
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 0\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(40,965^2 + 39,273^2 + \dots + 30,489^2)}{3} - \frac{(13,799 + 13,552 + \dots + 30,489)^2}{15} \\
 &= \frac{6659,818}{3} - \frac{32950,6}{15} \\
 &= 2219,939 - 2196,707 \\
 &= 23,232
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Galat (JKG)} &= JK \text{ Total} - (JK \text{ Perlakuan} + JK \text{ Waktu}) \\
 &= 554,365 - (55,814 + 491,533) \\
 &= 7,019
 \end{aligned}$$

Lanjutan Lampiran 7.

Sidik Ragam Konsentrasi Nitrat (NO₃) Pada Media Tanam

Sumber Keragaman	DB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-tabel	
					5 %	1%
Perlakuan (Penutupan Tanaman)	4	55,814	13,953	99,402**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan Tanaman	20	491,533	24,577	175,081**	1,78	2,27
Waktu dalam Penutupan 100%	4	96,183	24,046	171,298**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 75%	4	125,829	31,457	224,098**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 50%	4	159,597	39,899	284,238**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 25%	4	86,690	21,672	154,393**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 0%	4	23,233	5,808	41,377**	2,56	3,72
Galat	50	7,019	0,140			
Total	74	554,365				

Ket: * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Perhitungan BNT (Beda Nyata Terkecil)

BNT Perlakuan Penutupan Tanaman

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 5\%} &= t(0,05) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,140}{3}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{0,093} \\
 &= 2,008 \times 0,306 \\
 &= 0,614
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 1\%} &= t(0,01) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= 2,677 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,140}{3}} \\
 &= 2,677 \times \sqrt{0,093} \\
 &= 2,677 \times 0,306 \\
 &= 0,819
 \end{aligned}$$

Lanjutan Lampiran 7.

BNT Waktu dalam Penutupan Tanaman

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t(0,05) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan} \times \text{perlakuan}}} & \text{BNT } 1\% &= t(0,01) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan} \times \text{perlakuan}}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,140}{3 \times 5}} & &= 2,677 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,140}{3 \times 5}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{0,019} & &= 2,677 \times \sqrt{0,019} \\
 &= 2,008 \times 0,137 & &= 2,677 \times 0,137 \\
 &= 0,275 & &= 0,366
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT Perbedaan Penutupan Tanaman Terhadap Penurunan Konsentrasi Nitrat Pada Limbah Cair Tempe

Rerata	A3 = 47.774	A2 = 49.951	A1 = 51.579	A4 = 52.339	A5 = 60.507	Notasi
A3 = 47.774	-	2,177**	3,805**	4,565**	12,733**	a
A2 = 49.951	-	-	1,628**	2,388**	10,556**	b
A1 = 51.579	-	-	-	0,76*	8,928**	c
A4 = 52.339	-	-	-	-	8,168**	d
A5 = 60.507	-	-	-	-	-	e

Keterangan: * : berbeda nyata
 ** : berbeda sangat nyata

Tabel Hasil Uji BNT Lama Tanam Terhadap Penurunan Konsentrasi Nitrat Pada Limbah Cair Tempe

Rerata	B4 = 33.48	B3 = 44.759	B2 = 53.88	B1 = 61.756	B0 = 68.275	Notasi
B4 = 33.48	-	11,279**	20,4**	28,276**	34,795**	a
B3 = 44.759	-	-	9,121**	16,997**	23,516**	b
B2 = 53.88	-	-	-	7,876**	14,395**	c
B1 = 61.756	-	-	-	-	6,519**	d
B0 = 68.275	-	-	-	-	-	e

Keterangan: * : berbeda nyata
 ** : berbeda sangat nyata

Lanjutan Lampiran 7.

Data Laju Penyerapan Nitrat (NO₃) Pada Media Tanam

Lama Hari	Laju Penyerapan Nitrat Pada Media Tanam(%)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
2	10,399	10,955	12,017	10,091	4,276
4	14,139	14,499	16,397	13,285	5,982
6	17,401	19,998	24,890	16,485	7,811
8	25,008	34,772	40,124	22,742	10,292

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)} - \text{konsentrasi akhir larutan (mg/L)}}{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)}} \times 100\%$$

Penutupan 100%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{13,655 - 12,235}{13,655} \times 100\% = 10,399\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{12,235 - 10,505}{12,235} \times 100\% = 14,139\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{10,505 - 8,677}{10,505} \times 100\% = 17,401\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{8,677 - 6,507}{8,677} \times 100\% = 25,008\%$$

Penutupan 75%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{13,655 - 12,159}{13,655} \times 100\% = 10,955\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{12,159 - 10,396}{12,159} \times 100\% = 14,499\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{10,396 - 8,317}{10,396} \times 100\% = 19,998\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{8,317 - 5,425}{8,317} \times 100\% = 34,772\%$$

Penutupan 50%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{13,655 - 12,014}{13,655} \times 100\% = 12,017\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{12,014 - 10,044}{12,014} \times 100\% = 16,397\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{10,044 - 7,544}{10,044} \times 100\% = 24,890\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{7,544 - 4,517}{7,544} \times 100\% = 40,124\%$$

Penutupan 25%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{13,655 - 12,277}{13,655} \times 100\% = 10,091\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{12,277 - 10,646}{12,277} \times 100\% = 13,285\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{10,646 - 8,891}{10,646} \times 100\% = 16,485\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{8,891 - 6,869}{8,891} \times 100\% = 22,742\%$$

Penutupan 0%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{13,655 - 13,071}{13,655} \times 100\% = 4,276\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{13,071 - 12,289}{13,071} \times 100\% = 5,982\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{12,289 - 11,329}{12,289} \times 100\% = 7,811\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{11,329 - 10,163}{11,329} \times 100\% = 10,292\%$$

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan Penurunan Kandungan Ortofosfat

Perlakuan	Waktu	Penutupan 100%					Penutupan 75%				
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Penga matan	1	6,391	5,169	4,186	2,961	1,752	6,391	5,238	4,027	2,781	1,506
	2	6,363	5,506	4,184	2,959	1,748	6,363	5,235	4,037	2,802	1,504
	3	6,371	5,252	4,087	2,958	1,658	6,371	5,232	4,033	2,791	1,515
Sub Total		19,125	15,927	12,457	8,878	5,158	19,125	15,705	12,097	8,374	4,525
Total		61,545					59,826				

Perlakuan	Waktu	Penutupan 50%					Penutupan 25%				
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Penga matan	1	6,391	5,134	3,843	2,482	1,046	6,391	5,322	4,183	3,026	1,635
	2	6,363	5,134	3,842	2,486	1,063	6,363	5,321	4,182	3,026	1,885
	3	6,371	5,138	3,842	2,488	1,047	6,371	5,321	4,182	3,024	2,005
Sub Total		19,125	15,406	11,527	7,456	3,156	19,125	15,964	12,547	9,076	5,525
Total		56,67					62,237				

Perlakuan	Waktu	Penutupan 0%				
		0	2	4	6	8
Penga matan	1	6,391	5,934	5,401	4,762	4,022
	2	6,363	5,931	5,403	4,763	4,026
	3	6,371	5,928	5,403	4,762	4,025
Sub Total		19,125	17,793	16,207	14,287	12,073
Total		79,485				

$$Faktor Koreksi (FK) = \frac{Y^2}{abn} = \frac{(6,391+6,363+\dots+4,025)^2}{5 \times 5 \times 3} = \frac{(319,763)^2}{75} = 1363,312$$

$$JK Total (JKT) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^3 Y_{ijk}^2 - \frac{(Y)^2}{abn}$$

$$= (6,391^2 + 6,363^2 + \dots + 4,025^2) - 1363,321$$

$$= 1572,401 - 1363,321$$

$$= 209,089$$

$$JK Perlakuan (JKP) = \sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn} - \frac{(Y)^2}{abn}$$

$$= \frac{(61,545^2 + 59,826^2 + \dots + 79,485^2)}{3 \times 5} - \frac{(319,763)^2}{5 \times 3 \times 5}$$

$$= 1384,649 - 1363,312 = 21,337$$

$$JK Waktu (Perlakuan) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \frac{Y_{ij}^2}{n} - (\sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn})$$

$$= \frac{(19,125^2 + 15,927^2 + \dots + 12,073^2)}{3} - \frac{(61,545^2 + 59,826^2 + \dots + 79,485^2)}{15}$$

$$= \frac{4716,76}{3} - \frac{20769,735}{15}$$

$$= 1572,253 - 1384,649$$

$$= 187,604$$

$$JK Waktu (Penutupan 100%) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \frac{Y_{ij}^2}{n} - (\sum_{i=1}^3 \frac{Y_i^2}{bn})$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(19,125^2 + 1347,33^2 + \dots + 381,108^2)}{3} - \frac{(6,391 + 6,363 + \dots + 1,658)^2}{15} \\
 &= \frac{880,035}{3} - \frac{3787,787}{15} \\
 &= 293,345 - 252,519 \\
 &= 40,826
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 75\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(19,125^2 + 15,705^2 + \dots + 4,525^2)}{3} - \frac{(6,391 + 6,363 + \dots + 1,515)^2}{15} \\
 &= \frac{849,349}{3} - \frac{3579,15}{15} \\
 &= 283,116 - 238,61 \\
 &= 44,506
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 50\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(19,125^2 + 15,406^2 + \dots + 3,156^2)}{3} - \frac{(6,391 + 6,363 + \dots + 1,047)^2}{15} \\
 &= \frac{801,534}{3} - \frac{3211,489}{15} \\
 &= 267,178 - 214,099 \\
 &= 53,079
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 25\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(19,125^2 + 15,964^2 + \dots + 5,525^2)}{3} - \frac{(6,391 + 6,363 + \dots + 2,005)^2}{15} \\
 &= \frac{890,941}{3} - \frac{3873,444}{15} \\
 &= 296,980 - 258,229 \\
 &= 38,751
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Waktu (Penutupan 0\%)} &= \sum_{i=1} \sum_{j=1} \frac{Y_{ij}^2}{n} - \left(\sum_{i=1} \frac{Y_i^2}{bn} \right) \\
 &= \frac{(19,125^2 + 17,793^2 + \dots + 12,073^2)}{3} - \frac{(6,391 + 6,363 + \dots + 4,025)^2}{15} \\
 &= \frac{1294,899}{3} - \frac{6317,865}{15} \\
 &= 431,633 - 421,191 \\
 &= 10,442
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Galat (JKG)} &= JK \text{ Total} - (JK \text{ Perlakuan} + JK \text{ Waktu}) \\
 &= 209,089 - (21,337 + 187,604) \\
 &= 0,148
 \end{aligned}$$

Lanjutan Lampiran 8.

Sidik Ragam Konsentrasi Ortofosfat (PO_4^{3-}) Pada Media Tanam

Sumber Keragaman	DB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-tabel	
					5 %	1%
Perlakuan (Penutupan Tanaman)	4	21,337	5,334	1806,185**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan Tanaman	20	187,604	9,380	3176,103**	1,78	2,27
Waktu dalam Penutupan 100%	4	40,826	10,206	3455,886**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 75%	4	44,506	11,127	3767,429**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 50%	4	53,079	13,269	4493,074**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 25%	4	38,751	9,688	3280,224**	2,56	3,72
Waktu dalam Penutupan 0%	4	10,442	2,610	883,904**	2,56	3,72
Galat	50	0,148	0,003			
Total	74	209,089				

Ket: * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Perhitungan BNT (Beda Nyata Terkecil)

BNT Perlakuan Penutupan Tanaman

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t(0,05) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,003}{3}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{0,002} \\
 &= 2,008 \times 0,044 \\
 &= 0,089
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 1\% &= t(0,01) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan}}} \\
 &= 2,677 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,003}{3}} \\
 &= 2,677 \times \sqrt{0,002} \\
 &= 2,677 \times 0,044 \\
 &= 0,119
 \end{aligned}$$

Lanjutan Lampiran 8.

BNT Waktu dalam Penutupan Tanaman

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t(0,05) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan} \times \text{perlakuan}}} & \text{BNT } 1\% &= t(0,01) \times \sqrt{\frac{2 \times \text{KT Galat}}{\text{ulangan} \times \text{perlakuan}}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,003}{3 \times 5}} & &= 2,677 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,003}{3 \times 5}} \\
 &= 2,008 \times \sqrt{0,0004} & &= 2,677 \times \sqrt{0,0004} \\
 &= 2,008 \times 0,019 & &= 2,677 \times 0,019 \\
 &= 0,039 & &= 0,053
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT Perbedaan Penutupan Tanaman Terhadap Penurunan Konsentrasi Ortofosfat Pada Limbah Cair Tempe

Rerata	A3 = 18.889	A2 = 19.941	A1 = 20.514	A4 = 20.744	A5 = 26.494	Notasi
A3 = 18.889	-	1,052**	1,625**	1,855**	7,605**	a
A2 = 19.941	-	-	0,573**	0,803**	6,553**	b
A1 = 20.514	-	-	-	0,23**	5,98**	c
A4 = 20.744	-	-	-	-	5,75**	d
A5 = 26.494	-	-	-	-	-	e

Keterangan: * : berbeda nyata
 ** : berbeda sangat nyata

Tabel Hasil Uji BNT Lama Tanam Terhadap Penurunan Konsentrasi Ortofosfat Pada Limbah Cair Tempe

Rerata	B4 = 10.144	B3 = 16.022	B2 = 21.61	B1 = 26.931	B0 = 31.875	Notasi
B4 = 10.144	-	5,878**	11,466**	16,787**	21,731**	a
B3 = 16.022	-	-	5,588**	10,909**	15,853**	b
B2 = 21.61	-	-	-	5,321**	10,265**	c
B1 = 26.931	-	-	-	-	4,944**	d
B0 = 31.875	-	-	-	-	-	e

Keterangan: * : berbeda nyata
 ** : berbeda sangat nyata

Lanjutan Lampiran 8.

Data Laju Penyerapan Ortofosfat (PO₄³⁻) Pada Media Tanam

Lama Hari	Laju Penyerapan Ortofosfat Pada Media Tanam (%)				
	Penutupan 100%	Penutupan 75%	Penutupan 50%	Penutupan 25%	Penutupan 0%
2	16,734	17,895	19,463	16,546	6,979
4	21,793	22,979	25,180	21,405	8,919
6	28,733	30,778	35,320	27,666	11,847
8	41,906	45,969	57,666	39,107	15,497

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)} - \text{konsentrasi akhir larutan (mg/L)}}{\text{konsentrasi awal larutan (mg/L)}} \times 100\%$$

Penutupan 100%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{6,376 - 5,309}{6,376} \times 100\% = 16,734\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{5,309 - 4,152}{4,152} \times 100\% = 21,793\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{4,152 - 2,959}{2,959} \times 100\% = 28,733\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{2,959 - 1,719}{2,959} \times 100\% = 41,906\%$$

Penutupan 75%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{6,376 - 5,235}{6,376} \times 100\% = 17,895\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{5,135 - 4,032}{5,135} \times 100\% = 22,979\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{4,032 - 2,791}{4,032} \times 100\% = 30,778\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{2,791 - 1,508}{2,791} \times 100\% = 45,969\%$$

Penutupan 50%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{6,376 - 5,135}{6,376} \times 100\% = 19,463\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{5,135 - 3,842}{5,135} \times 100\% = 25,180\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{3,842 - 2,485}{3,842} \times 100\% = 35,320\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{2,485 - 1,052}{2,485} \times 100\% = 57,666\%$$

Penutupan 25%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{6,376 - 5,321}{6,376} \times 100\% = 16,546\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{5,321 - 4,182}{5,321} \times 100\% = 21,405\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{4,182 - 3,025}{4,182} \times 100\% = 27,666\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{3,025 - 1,842}{3,025} \times 100\% = 39,107\%$$

Penutupan 0%

$$\text{Penyerapan 2 hari} = \frac{6,376 - 5,931}{6,376} \times 100\% = 6,979\%$$

$$\text{Penyerapan 4 hari} = \frac{5,931 - 5,402}{5,931} \times 100\% = 8,919\%$$

$$\text{Penyerapan 6 hari} = \frac{5,402 - 4,762}{5,402} \times 100\% = 11,847\%$$

$$\text{Penyerapan 8 hari} = \frac{4,762 - 4,024}{4,762} \times 100\% = 15,497\%$$

Lampiran 9. Data Hasil Perhitungan *Relative Growth Rate (RGR)* Dan *Double*

Time (DT) Tanaman Eceng Gondok (*E. crassipes*)

Sampel	Berat Awal			Rerata	Berat Akhir			Rerata
	I	II	III		I	II	III	
Penutupan 100%	1603,19	1630,41	1508,79	1580,79	1612,54	1640,51	1518,6	1590,55
Penutupan 75%	1046,4	1058,02	1099,41	1067,94	1054,29	1065,14	1107,86	1075,76
Penutupan 50%	895,29	885,37	864,11	881,59	902,82	893,02	871,64	889,16
Penutupan 25%	540,35	534,96	538,65	537,98	547,97	542,14	545,32	545,14

$$RGR = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t}$$

$$DT = \frac{\ln 2}{RGR}$$

$$RGR A1 = \frac{\ln 1612,54 - \ln 1603,19}{8} = \frac{7,385 - 7,379}{8} = 0,073$$

$$DT A1 = \frac{\ln 2}{RGR 0,073} = 9,49$$

$$RGR A2 = \frac{\ln 1640,51 - \ln 1630,41}{8} = \frac{7,402 - 7,396}{8} = 0,077$$

$$DT A2 = \frac{\ln 2}{RGR 0,077} = 9,00$$

$$RGR A3 = \frac{\ln 1518,6 - \ln 1508,79}{8} = \frac{7,325 - 7,319}{8} = 0,081$$

$$DT A3 = \frac{\ln 2}{RGR 0,081} = 8,55$$

$$RGR B1 = \frac{\ln 1054,29 - \ln 1046,40}{8} = \frac{6,960 - 6,953}{8} = 0,094$$

$$DT B1 = \frac{\ln 2}{RGR 0,094} = 7,37$$

$$RGR B2 = \frac{\ln 1065,14 - \ln 1058,02}{8} = \frac{6,970 - 6,964}{8} = 0,084$$

$$DT B2 = \frac{\ln 2}{RGR 0,084} = 8,25$$

$$RGR B3 = \frac{\ln 1107,86 - \ln 1099,41}{8} = \frac{7,010 - 7,002}{8} = 0,096$$

$$DT B3 = \frac{\ln 2}{RGR 0,096} = 7,22$$

$$RGR C1 = \frac{\ln 902,82 - \ln 895,29}{8} = \frac{6,805 - 6,797}{8} = 0,105$$

$$DT C1 = \frac{\ln 2}{RGR 0,105} = 6,60$$

$$RGR C2 = \frac{\ln 893,02 - \ln 885,37}{8} = \frac{6,794 - 6,786}{8} = 0,108$$

$$DT C2 = \frac{\ln 2}{RGR 0,108} = 6,41$$

$$RGR C3 = \frac{\ln 871,64 - \ln 864,11}{8} = \frac{6,770 - 6,761}{8} = 0,108$$

$$DT C3 = \frac{\ln 2}{RGR 0,108} = 6,41$$

$$RGR D1 = \frac{\ln 547,97 - \ln 540,35}{8} = \frac{6,306 - 6,292}{8} = 0,175$$

$$DT D1 = \frac{\ln 2}{RGR 0,175} = 3,96$$

$$RGR D2 = \frac{\ln 542,14 - \ln 534,96}{8} = \frac{6,295 - 6,282}{8} = 0,167$$

$$DT D2 = \frac{\ln 2}{RGR 0,167} = 4,15$$

$$RGR D3 = \frac{\ln 545,32 - \ln 538,65}{8} = \frac{6,301 - 6,289}{8} = 0,154$$

$$DT D3 = \frac{\ln 2}{RGR 0,154} = 4,50$$