

PROBIOGA: PAKET TEKNOLOGI IPAL TERINTEGRASI BIOSOLAR SEL BERBASIS MIKROALGA SEBAGAI UPAYA REDUKSI PENCEMARAN AIR AKIBAT LIMBAH TAMBAK UDANG DI PESISIR PANTAI TRISIK

Laila Nur Fatimah¹, Istikomah², Bela Purnama Sari³

^{1,2,3}Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Indonesia

¹lailanurfatimah31@gmail.com, ²Istiqomah.bangil30@gmail.com,

³belapurnama12@gmail.com

Abstract

Shrimp farms in the coastal area of Trisik is one potential source of economy for Banaran village communities, especially group of the shrimp Fanami Trisik Jaya. However, wastewater of shrimp farms produced a negative effect causing pollution in lagoons and Galur river. The impact caused the occurrence of blooming algae and death of fish. One of the methods can be done to reduce pollution wastewater shrimp farms either by building a Wastewater Treatment Plant (WWTP). WWTP construction integrated with microalgae biosolar cell technology in a package PROBIOGA to obtain multiplier effects in the form of renewable electrical power sources. Blooming algae in consequence of shrimp farms show that wastewater is potential for microalgae cultivation media, which will be used as a photosensitizer in the development of biosolar cells. Realization PROBIOGA facilitated by the role of students with details of step, beginning with site surveys, socialization and education, design and preparation of implementation, infrastructure development, facilitation of implementation, monitoring and evaluation of the end of activity to determine the achievement of program outcomes. Thus, PROBIOGA expected to overcome the problem of wastewater in the coastal shrimp farms Trisik, as well as supporting the supply of renewable electricity as one of the efforts to achieve self-sustainable coastal areas.

Keywords: *Biosolar cells, wastewater shrimp farms, microalgae*

Pendahuluan

Tambak udang Vaname di pesisir pantai Trisik yang dikembangkan oleh kelompok tambak udang Fanami Trisik Jaya merupakan salah satu sumber perekonomian potensial, terutama bagi masyarakat desa Banaran, kecamatan Galur, kabupaten Kulon Progo. Namun kegiatan budidaya tambak udang yang semakin berkembang berasosiasi negatif dengan menyebabkan pencemaran pada badan air penerima limbah seperti Laguna dan sungai Galur akibat pembuangan limbah cair tambak.

Limbah cair tambak mengandung bahan organik seperti BOD, DO, COD, TSS, fosfat dan amonia tinggi. Dwitasari dan Mulasari (2017) menambahkan bahwa sebesar 22-57% nitrogen yang dimasukkan ke tambak akan terbuang bersama limbah cair tambak. Kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah cair tambak akan memicu pertumbuhan fitoplankton sehingga memungkinkan terjadinya *blooming algae* (Widigdo dan Wardianto, 2013) dan pada kondisi lebih parah akan

menyebabkan matinya ikan di perairan akibat kekurangan oksigen dan terjadi pendangkalan perairan (Dwitasari dan Mulasari, 2017).

Upaya pengolahan limbah perlu dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif dari limbah cair tambak, salah satunya dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Syah *et al.* (2017) didapatkan informasi bahwa IPAL dapat memperbaiki kualitas air limbah buangan tambak serta pada uji organisme menunjukkan bahwa ikan nila dan mujair dapat bertahan hidup pada air limbah buangan tambak yang sudah diolah dengan IPAL. Hal ini mengindikasikan bahwa air layak dibuang ke perairan tanpa menimbulkan pencemaran.

Optimalisasi kinerja IPAL dalam mereduksi kandungan bahan organik dalam air limbah tambak salah satunya dengan memanfaatkan mikroalga. Mikroalga ditambahkan pada kolam aerasi dalam instalasi IPAL untuk mensubstitusi sistem aerasi konvensional. Disebutkan oleh Hadiyanto dan Azim (2012) bahwa mikroalga akan menyerap nitrogen dan fosfor dalam air limbah sebagai sumber nutrisi yang secara tidak langsung menurunkan kandungan COD; simbiosis mutualisme antara mikroalga dengan bakteri pengurai BOD berdampak pada rendahnya energi yang digunakan karena tidak diperlukan energi input seperti pada sistem aerasi konvensional, sehingga dapat menurunkan biaya operasional IPAL; selain itu penambahan mikroalga juga akan menghasilkan biomassa yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

Potensi biomassa mikroalga yang dihasilkan dapat dikembangkan dalam konsep PROBIOGA, yaitu paket teknologi yang mengintegrasikan IPAL dengan biosolar sel. Biomassa mikroalga akan dijadikan *photosensitizer* atau sumber energi dalam biosolar sel dengan mengkonversi elektron hasil fotosintesisnya menjadi listrik. Kondisi ini akan memberikan *multiplier effects* berupa sumber listrik terbaharukan.

Berdasarkan uraian di atas, maka konsep PROBIOGA dapat diimplementasikan untuk dijadikan solusi dalam pengolahan limbah cair tambak di pesisir pantai Trisik. Sehingga output yang akan diperoleh dengan pengadaan PROBIOGA adalah mampu menyelesaikan pencemaran air di Laguna dan sungai Galur, sekaligus dapat dijadikan salah satu inovasi alternatif sumber energi listrik *renewable* untuk menunjang perwujudan kawasan pesisir mandiri yang berkelanjutan.

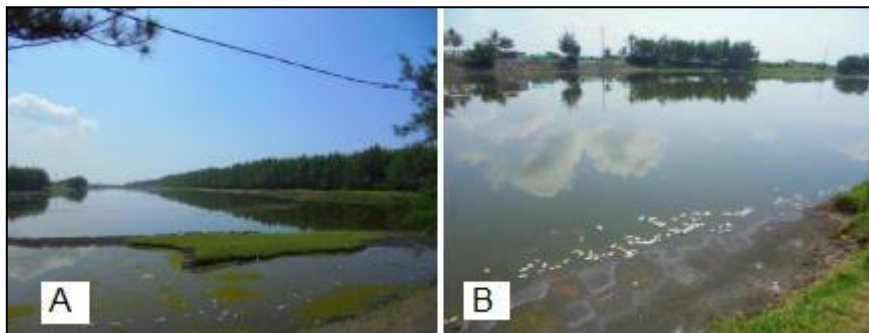
Metode Penulisan

Teknik penulisan yang digunakan ialah deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan, menguraikan, menjabarkan dan merangkai variabel - variabel yang diteliti menjadi sebuah pembahasan yang runtut dan sistematis. Studi kajian deskriptif ini dilakukan dengan mengambil studi kasus terhadap permasalahan pengolahan limbah air tambak menggunakan PROBIOGA, yaitu

IPAL terintegrasi biosolar sel dengan memanfaatkan mikroalga. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi pustaka (*library research*) dan penelusuran informasi digital dengan sasaran tujuan studi literatur. Studi pustaka ini meliputi buku, dan jurnal penelitian yang dianggap relevan dengan pembahasan. Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini ialah data sekunder atau data pendukung yang merupakan data hasil penelitian peneliti secara tidak langsung atau melalui media perantara. Kemudian data dianalisis dan dijabarkan dalam pembahasan. Sintesis dilakukan dengan menggunakan studi silang (*cross link*) antara data yang terkumpul dengan teori dan konsep yang relevan. Kemudian dapat diambil titik utama yang kemudian diolah menjadi beberapa kesimpulan.

Potensi dan Prospek PROBIOGA dalam Mengatasi Permasalahan Limbah Tambak di Kelompok Tambak Udang Fanami Trisik Jaya

Permasalahan akibat adanya tambak udang Vaname yang dikembangkan oleh kelompok tambak udang Fanami di pesisir pantai Trisik adalah terjadinya pencemaran di perairan Laguna dan Sungai Galur. Pencemaran terjadi akibat adanya praktik pembuangan limbah cair tambak secara langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu sehingga kandungan BOD, COD, fosfat dan nitrogen masih tinggi. Dampak yang ditimbulkan berupa terjadinya *blooming algae* dan matinya ikan bandeng yang dibudidayakan masyarakat desa Banaran di Laguna (Gambar 3.) (Herawati, 2016).



Gambar 1. Kondisi Laguna Trisik (Herawati, 2016); A: *Blooming algae*; B: Ikan Bandeng mati

Pengukuran kadar BOD, fosfat dan nitrogen di Laguna Trisik oleh Dwitasari dan Mulasari (2017) diperoleh informasi bahwa kandungannya masih melebihi batas ambang efluen tambak udang. Rata-rata kadar BOD, fosfat dan amonia di Laguna Trisik besar pada air permukaan dan dasar secara berturut turut adalah sebesar 53,8 mg/L; 81 mg/L (baku mutu efluen BOD <45 mg/L); 4,1 mg/L; 7,7 mg/L (baku mutu efluen fosfor <0,1 mg/L); 0,27 mg/L; 0,26 mg/L (baku mutu efluen amonia <0,1 mg/L). Kondisi ini yang menyebabkan air di Laguna menjadi tercemar, sehingga instalasi IPAL perlu diaplikasikan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Syah *et al.* (2017) didapatkan informasi bahwa IPAL dengan instalasi yang terdiri dari kolam sedimentasi, kolam aerasi dan kolam eskulasi (penampungan) dapat memperbaiki kualitas air limbah buangan tambak. Kadar bahan organik yang terkandung dalam air buangan tambak dapat diturunkan, yaitu TSS (dari 1.715,41 mg/L menjadi 10,14 mg/L), BOD (19,8 mg/L menjadi 7,02 mg/L), total N (7,07 mg/L menjadi 0,23 mg/L) dan fosfat (9,19 mg/L menjadi 0,44 mg/L). Kualitas limbah air tambak yang sudah melalui pengolahan di IPAL ini bahkan lolos uji bioasai dengan menunjukkan hasil bahwa ikan mujair dan ikan nila yang dipelihara di kolam penampungan terakhir IPAL dapat bertahan hidup.

Penerapan IPAL di kelompok tambak udang Fanami Trisik Jaya dimodifikasi dengan konsep PROBIOGA, yaitu memadukan IPAL dengan biosolar sel berbasis mikroalga. Kolam aerasi pada IPAL berpotensi untuk dijadikan sebagai media kultivasi mikroalga yang akan dijadikan sebagai *photosensitizer* dalam biosolar sel, sehingga dapat mengurangi biaya kultivasi karena tidak membutuhkan nutrisi sintetis.

Potensi air limbah tambak pada kolam aerasi IPAL sebagai media kultivasi mikroalga mengacu pada kandungan bahan organiknya. Mikroalga akan mengasimilasi nitrogen sebagai sumber karbon dan mengubahnya sebagai biomassa, sementara itu fosfor diserap untuk membentuk phospholipid, ATP dan asam nukleat. Pemanfaatan nitrogen dan fosfor untuk perkembangan mikroalga ini akan menyebabkan kandungannya dalam air limbah berkurang. Selain itu, berkurangnya nitrogen dan fosfor akan memberikan efek tidak langsung berupa pengurangan kadar COD dalam air limbah. Penurunan BOD oleh mikroalga dilakukan dengan melakukan simbiosis dengan bakteri pengurai BOD. Simbiosis ini bersifat mutualisme yang memungkinkan mikroalga mendapatkan suplai karbondioksida untuk fotosintesis dari bakteri pengurai, sedangkan bakteri pengurai yang bersifat aerob akan mendapatkan suplai oksigen dari mikroalga untuk bertahan hidup di air limbah tambak (Hadiyanto dan Azim, 2012).

Implementasi PROBIOGA juga potensial untuk menekan biaya operasional pada instalasi IPAL. Mikroalga yang disubstitusikan pada kolam aerasi mampu menggantikan sistem aerasi konvensional yang membutuhkan energi input sebesar 1 kWh dari generator. Selain itu, dalam sistem aerasi konvensional akan terbentuk karbondioksida sebagai hasil samping. Apabila menggunakan mikroalga, untuk menurunkan kadar BOD yang sama energi input tidak diperlukan bahkan biomassa yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi listrik dengan estimasi hasil sebesar 1 kWh serta gas buangan yang dihasilkan berupa oksigen (Oswald, 2003).

Mengacu pada potensi-potensi yang ada, pengembangan PROBIOGA untuk penanganan masalah limbah tambak udang di pesisir Trisik dinilai sangat prospektif. Teknologi ini tidak hanya dapat mereduksi bahan pencemar yang berkonsentrasi tinggi (BOD, COD, nitrogen, fosfor) sebelum

dibuang ke Laguna dan sungai Galur, namun juga memberikan *multiplier effect* berupa green listrik yang dihasilkan oleh biosolar sel berbasis mikroalga. Di samping itu, biaya operasional untuk IPAL maupun kultivasi mikroalga dapat ditekan sehingga penerapannya lebih ekonomis di masyarakat.

Implementasi dan Mekanisme kerja PROBIOGA di Kelompok Tambak Udang Fanami Trisik Jaya

Implementasi PROBIOGA diawali dengan pembangunan IPAL dan instalasi biosolar sel. Satu unit IPAL (Gambar 4.) terdiri dari kolam sedimentasi untuk mengurangi kandungan partikel padatan (kotoran udang, kulit sisa *moulting* dan sisa pakan); kolam aerasi untuk menurunkan kandungan bahan organik seperti BOD, COD, fosfor dan nitrogen yang secara umum dilengkapi dengan sistem aerasi memanfaatkan generator dan bakteri aerob untuk mengoksidasi bahan organik; dan kolam ekualisasi sebagai kolam penampungan air tahap akhir yang siap dialirkan ke badan perairan (Syah *et al.*, 2017).



Gambar 2. Instalasi IPAL (Syah *et al.*, 2017); A: kolam sedimentasi; B: kolam aerasi; C: kolam ekualisasi

Kolam sedimentasi IPAL merupakan kolam penampungan pertama air limbah. Pada bagian ini partikel padatan yang terlarut dibiarkan mengendap pada dasar kolam dengan teknik aliran air lambat. Oleh karena itu pada kolam sedimentasi dirancang dengan sekat-sekat untuk memperlambat laju air. Proses ini biasanya memakan waktu 1-2 hari. Setelah melalui proses pengendapan di kolam sedimentasi kemudian air limbah dialirkan menuju ke kolam aerasi untuk melakukan proses selanjutnya.

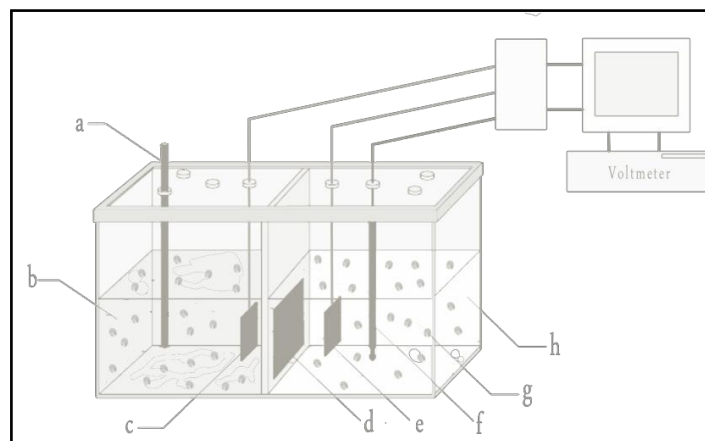
Proses pengolahan air limbah yang utama terjadi pada pengolahan di kolam aerasi. Bagian kolam aerasi IPAL inilah yang dimodifikasi dengan mensubstitusi mikroalga untuk menggantikan sistem aerasi konvensional. Substitusi mikroalga pada kolam aerasi ini sekaligus bertujuan untuk kultivasi mikroalga dengan lebih efisien dalam menghasilkan biomassa. Berdasarkan penelitian Nuriyati (2000), bahwa konsentrasi 1,55 gram isolat mikroalga/L air limbah adalah konsentrasi yang

efektif untuk menurunkan kadar COD dan BOD pada air limbah tahu. Proses pengolahan air limbah di kolam aerasi dilakukan selama 3-4 hari. Penambahan mikroalga diharapkan dapat membantu penyerapan kandungan senyawa organik dan nutrisi tersisa, menghasilkan oksigen, dan menurunkan kadar COD dan BOD (Harun dan Danquah, 2011).

Air buangan limbah tambak udang dari kolam aerasi selanjutnya dialirkan ke kolam ekualisasi (penampungan). Pada kolam ekualisasi proses terakhir yang dilakukan dalam pengolahan limbah ialah pengujian air limbah dengan makhluk hidup (bioasai). Pengujian dengan makhluk hidup bertujuan untuk mengetahui air limbah yang telah diolah sudah aman untuk di buang ke lingkungan. Penelitian Syah *et al.* (2017) membuktikan bahwa pada kolam ekualisasi ikan mujair serta rumput laut *Gracilaria* sp. dapat tumbuh kembang yang mengindikasikan air buangan limbah sudah dalam kondisi aman dan layak dibuang ke perairan.

Biomassa mikroalga yang dihasilkan sebagai hasil samping kolam aerasi IPAL selanjutnya dilakukan pemanenan untuk diintegrasikan sebagai sumber energi (*photosensitizer*) pada biosolar sel. Mikroalga dipilih sebagai *photosensitizer* yang lebih efektif karena memiliki laju pertumbuhan tinggi. Penelitian De Caprariis *et al.* (2014) menunjukkan bahwa penggunaan suspensi *Chlorella vulgaris* (kepadatan mikroalga 8 g/L) dapat menghasilkan daya sebesar $14 \mu\text{Wm}^{-2}$ dalam *Biophotovoltaic* (BPV).

Mikroalga yang sudah dipanen dipindahkan ke rangkaian biosolar sel untuk dimanfaatkan sebagai *photosensitizer*. Mekanisme kerja biosolar sel berbasis mikroalga dirancang seperti Gambar 5. secara prinsip adalah elektron (e^-) yang dipancarkan dari proses fotosintesis akan ditransfer ke bagian anoda. Di sisi lain, proton (H^+) yang terbentuk akan disalurkan ke bagian katoda dengan melewati PEM (*Proton exchange membrane*). Proton kemudian akan bereaksi dengan oksigen membentuk air (Wang *et al.*, 2014). Pergerakan elektron ini akan menciptakan arus listrik yang akan terdeteksi pada voltmeter.



Gambar 3. Rancangan biosolar sel berbasis mikroalga a: masukan udara; b: katolit; c: katoda; d: PEM (*Proton exchange membrane*); e: anoda; f: elektroda; g: *Chlorella* sp.; h: anolit

Sel-sel prototipe dari mikroalga mampu menghasilkan energi sampai 21 hari. Sel-sel juga mengkonversi sekitar 12% dari energi cahaya yang diserap menjadi energi listrik. Sehingga biosolar sel dari mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif penggunaan listrik yang mudah dan efisien. Dengan demikian, implementasi PROBIOGA memiliki prospek yang sangat potensial untuk dikembangkan dalam mereduksi limbah air tambak sekaligus menghasilkan energi listrik mandiri secara berkelanjutan.

Tahapan Pelaksanaan PROBIOGA di Pesisir Pantai Trisik

- Implementasi PROBIOGA di pesisir pantai Trisik sebagai upaya mereduksi pencemaran limbah air tambak sekaligus menghasilkan *green* listrik dilakukan melalui tahapan sebagai berikut,
- Tahap 1. Langkah pertama yang dilakukan adalah mensurvei dan mencari informasi terkait limbah air tambak, termasuk keadaan umum di Laguna dan Sungai Galur sebagai badan air terdampak air limbah tambak udang kelompok tambak udang Fanami Trisik Jaya.
- Tahap 2. Melakukan sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat tentang teknologi PROBIOGA yang mengintegrasikan IPAL dengan biosolar sel berbasis mikroalga. Sosialisasi dilaksanakan oleh tim mahasiswa di kawasan pesisir Trisik untuk menyampaikan maksud dan tujuan pengembangan PROBIOGA serta membuat perencanaan kegiatan.
- Tahap 3. Perancangan dan persiapan PROBIOGA dilakukan oleh mahasiswa bekerja sama dengan masyarakat desa Banaran khususnya yang tergabung dalam kelompok tambak udang Fanami Jaya untuk melakukan desain dan tata letak untuk membangun IPAL dalam implementasi PROBIOGA.
- Tahap 4. Pembangunan infrastruktur PROBIOGA yang terdiri dari bangunan IPAL dan instalasi biosolar sel berbasis mikroalga di kawasan tambak pesisir pantai Trisik.
- Tahap 5. Pendampingan pelaksanaan PROBIOGA dilakukan oleh mahasiswa secara intensif. Tim mahasiswa bertanggung jawab untuk memberikan edukasi tentang mekanisme kerja IPAL dan membantu mencari solusi terhadap permasalahan yang ada di lapang termasuk melakukan pelatihan tentang pemanenan mikroalga dan pengembangannya di biosolar sel.
- Tahap 6. Monitoring dilakukan dengan mengecek secara berkala operasional kerja serta kelayakan bangunan dan instalasi PROBIOGA.
- Tahap 7. Evaluasi penerapan PROBIOGA menjadi langkah terakhir untuk mengetahui ketercapaian luaran program. Hasil evaluasi yang baik mengindikasikan bahwa program PROBIOGA dapat diterapkan secara berkelanjutan di kawasan tambak udang pesisir pantai Trisik.

Kesimpulan

PROBIOGA adalah paket teknologi yang mengintegrasikan IPAL dengan biosolar sel berbasis mikroalga. PROBIOGA memiliki potensi dan prospek yang bagus untuk dikembangkan di pesisir pantai Trisik sebagai upaya mengatasi permasalahan pencemaran air akibat limbah tambak udang sekaligus untuk menghasilkan green listrik secara mandiri. Pengintegrasian IPAL dan biosolar sel dalam PROBIOGA dilakukan melalui modifikasi bagian kolam aerasi IPAL dengan mengganti sistem aerasi konvensional dengan mikroalga. Selanjutnya, tahapan pelaksanaan PROBIOGA difasilitasi oleh mahasiswa yang bekerja sama dengan masyarakat khususnya kelompok tambak udang Fanami Trisik Jaya.

Daftar Pustaka

- Dwitasari, E.L. dan S.A. Mulasari. 2017. Tinjauan kandungan BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*), fosfat dan ammonium di Laguna Trisik. The 5th URECOL PROCEEDING. pp: 1439-1449.
- Hadiyanto dan M. Azim. 2012. Mikroalga: sumber pangan dan energi masa depan, ed. Pertama. UPT UNDIP Press Semarang: Semarang.
- Harun, R., dan M.K. Danquah. 2011 Influence of acid pre-treatment on microalgael biomass for ethanol production. *Process Biochem.* 46: 304–309.
- Herawati, O.S. 2016. Potensi dan zonasi kawasan wisata muara sungai Progo. Skripsi. Fakultas Pertanian, UMY. Yogyakarta.
- Lam, K.B., E. Johnson and L. Lin. 2004. A bio-solar cel powered by sub-cellular plant photosystems. *IEEE*: 220-223.
- Malik, I. dan A. Yunus. 2016. Sekolah tambak ketiga: sosialisasi sertifikasi CBIB. Online. Diakses pada 16 Maret 2018.
- Nurtiyani, E. 2000. sistem skala kecil terpadu pengolahan limbah cair tahu berbasis mikroalga *Chlorella* sp. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Oswald, W.J. 2003. My sisty years in applied algology. *J. Applied Phycology*, 15: 99-106.
- Syah, R., Makmur dan M.C. Undu. 2014. Estimasi beban limbah nutrien pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang Vaname superintensif. *J. Riset Akuakultur*, 9(3):
- Syah, R., M. Fahrur, H.S. Suwoyo dan Makmur. 2017. Performasi instalasi pengolah air limbah tambak superintensifi. *Media Akuakultur*, 12(2): 95-103.
- Widigdo, B. dan Y. Wardianto. 2013. Dinamika komunitas fitoplankton dan kualitas perairan di lingkungan perairan tambak udang intensif: sebuah analisis korelasi. *J. Biologi Tropis*, 13(2): 160-184.