

PENGEMBANGAN AWAL ALAT PEMANEN ALGA SISTEM ROTATING FILTERED-DRUM UNTUK PERBAIKAN KUALITAS AIR DI PERAIRAN TERGENANG

Initial Design of Algae Harvesting with Rotating Filtered-Drum System for Water Quality Improvement in Lentic Waters

Syamsul Bahri^{*)}, Pranu Arisanto, Suhardi, Wildan Herwindo

Politeknik Pekerjaan Umum, Jalan Prof. Soedharto, S.H., No. 15, Tembalang, Semarang

^{*)}Korespondensi: syamsulbahri67@pu.go.id

ABSTRAK

Terjadinya fenomena pertumbuhan berlebih dari kelompok alga hijau dan cyanobacteria menunjukkan adanya masalah lingkungan perairan yang serius akibat eutrofikasi. Dalam ekosistem perairan, kelompok alga adalah bagian yang tidak terpisahkan dalam sistem ekologi tersebut. Tetapi bila pada perairan terjadi pertumbuhan alga yang sangat berlimpah menyebabkan fenomena harmful alga blooms. Alga yang sebelumnya tak kasat mata menjadi kasat mata akibat alga secara akumulatif membentuk kelompok dan menggumpal. Dampak lanjutan dari blooming alga tersebut adalah kematian ikan, akibat kekurangan oksigen saat malam hari. Massa alga yang tersapu angin ke pinggiran teluk dan pantai waduk menyebabkan penumpukan dan membusuk. Di antara upaya yang dapat dilakukan dalam penanganan fenomena alga melimpah di perairan adalah melakukan pemanenan. Dalam penelitian ini diterapkan teknik pemanenan secara filtrasi dan rotasi sentrifugal dalam sebuah drum. Tujuan penelitian ini adalah pengembangan alat pemanen alga sistem filtrasi dengan tipe Rotating Filtered-Drum. Uji coba alat permanen yang dikembangkan secara gravitasi dengan menggunakan air yang tercemar dengan alga dari kolam fakultatif IPAL Bojongsoang- Bandung menunjukkan bahwa filter T 165 mampu menurunkan kadar TSS sebagai indikator alga sebanyak 72,85%. Alat Rotating Filtered-Drum memerlukan penelitian lebih lanjut untuk uji coba pengoperasian menggunakan air kolam yang tercemar alga.

Kata kunci: pertumbuhan melimpah alga, perairan tergenang, rotating filtered-drum.

ABSTRACT

The phenomenon of excessive growth of green algae and cyanobacteria indicates a serious water environmental problem due to eutrophication. In aquatic ecosystems, algae groups are an inseparable part of the ecological system. However, if very abundant algae growth occurs in the waters, it causes the phenomenon of harmful algal blooms. Algae that was previously invisible becomes visible due to the algae accumulatively forming groups and clumping together. The further impact of the algae bloom is the death of fish, due to lack of oxygen at night. Masses of algae that are swept by the wind to the edges of bays and reservoir shores cause buildup and rot. One of the efforts that can be made to deal with the phenomenon of abundant algae in waters is harvesting. In this research, harvesting techniques using filtration and centrifugal rotation in a drum were applied. The aim of this research is to develop an algae harvester with a Rotating Filtered-Drum type filtration system. Trials of a permanent device developed by gravity using water contaminated with algae from the facultative pond of the Bojongsoang-Bandung IPAL showed that the T 165 filter was able to reduce TSS levels as an algae indicator by 72.85%. The Rotating Filtered-Drum tool requires further research for operational trials using pool water contaminated with algae.

Keywords: algal blooming, lentic waters, rotating filtered-drum.

PENDAHULUAN

Terjadinya fenomena pertumbuhan berlebih (*blooming algae*) dari kelompok alga hijau dan *cyanobacteria* di badan air tergenang menunjukkan adanya masalah lingkungan perairan yang serius dari eutrofikasi [1]. Dalam ekosistem perairan, kelompok alga adalah bagian yang tidak terpisahkan dalam sistem ekologi tersebut. Secara kasat mata, kelompok alga adalah tumbuhan mikroskopik satu sel yang hidup di perairan tawar maupun laut. Kebanyakan alga tidak berbahaya selama pertumbuhannya normal dan tidak mengganggu ekosistem di sekitarnya. Dengan demikian alga termasuk kelompok produsen primer yang menghasilkan gas oksigen ke lingkungan pada suatu rantai makanan dalam ekosistem perairan. Tetapi bila pada perairan tertentu terjadi pertumbuhan alga yang sangat berlimpah menyebabkan fenomena *Harmful Alga Blooms*. Kejadian ini diawali dari melimpahnya nutrisi senyawa nitrogen dan fosfor yang memacu pertumbuhan alga pada perairan. Akibatnya, kejadian tersebut menyebabkan gangguan terhadap lingkungan perairan.

Contoh kasus yang pernah terjadi di Waduk Karangates tahun 2001, kualitas air waduk ini telah mengalami penurunan secara drastis. Puncaknya pada bulan April-Mei 2002, di mana air berwarna hijau kekuning-kuningan, seperti sirup alpukat. Adanya perubahan warna perairan tersebut dikarenakan adanya alga yang tumbuh berlebihan. Kelompok alga yang sebelumnya mikroskopis, karena pertumbuhannya melimpah mengakibatkan alga tersebut menggumpal sehingga tampak kasat mata. Hal tersebut terlihat terutama di daerah teluk, pinggiran waduk, dan *trashboom* di Waduk Karangates [2]. Dampak lanjutan yang ditimbulkan dari *blooming algae* tersebut adalah kematian ikan yang diakibatkan kekurangan oksigen saat malam hari. Massa alga yang tersapu angin ke pinggiran teluk dan pantai waduk menyebabkan penumpukan. Selanjutnya, massa alga tersebut mengalami pembusukan yang menghasilkan bau yang kurang sedap. Bila kejadian tersebut berulang, tentunya akan menurun fungsi dari perairan tersebut.

Kejadian *blooming algae* juga tidak hanya terjadi di perairan darat, tetapi juga di perairan laut, di antaranya adalah kejadian di perairan Kepulauan Seribu tahun 2020, laut berwarna biru ke merah atau hijau kekuningan oleh *Cyanobacteria* dan *Dinoflagellata* yang menyebabkan kematian ikan [3]. Teluk Ambon, Maluku tahun 1994, 2012, dan 2019, laut berwarna kemerahan, kehijauan atau kecoklatan yang disebabkan oleh alga jenis *Pyrodinium bahamense* var *compressum*

menyebabkan kematian orang dan juga yang dirawat secara medis setelah mengkonsumsi biota laut [4].

Oleh karena itu, di antara upaya yang dapat dilakukan dalam penanganan fenomena alga yang melimpah di perairan tergenang adalah melakukan pemanenan di lokasi kejadian. Beberapa teknik yang banyak diaplikasikan untuk proses pemanenan alga adalah flokulasi, sentrifugasi, dan filtrasi. Teknik flokulasi biasanya dikhususkan dalam pemanenan alga untuk keperluan industri. Kemudian teknik filtrasi adalah metode pemanenan yang terbukti paling kompetitif dibandingkan dengan teknik pemanenan yang lain. Beberapa jenis teknik filtrasi yang dapat digunakan di antaranya mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, filtrasi bertekanan, filtrasi aliran tangensial [5].

Pada dasarnya pengembangan alat pemanenan RFD ini menggunakan teknik filtrasi dan rotasi seperti yang telah digunakan pada pemanenan alga untuk keperluan industri. Umumnya alat tersebut cukup mahal, puluhan hingga ratusan juta rupiah, karena menggunakan bahan-bahan yang terbuat dari logam *stainless steel* [6]. Adapun bahan yang digunakan dalam alat RFD ini dominan terbuat dari PVC dan pengoperasiannya secara manual. Pengoperasian alat RFD secara manual dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan rotasi yang rendah, sehingga tidak menyebabkan gumpalan alga menjadi pecah saat dilakukan penyaringan. Oleh karena itu, alat pemanenan RFD relatif lebih murah dan mudah pengoperasiannya. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan alat pemanenan alga sistem filtrasi dengan tipe *rotating filtered drum* skala laboratorium.

METODE

Pengembangan alat pemanenan alga tipe RFD skala laboratorium ini terinspirasi dari alat pemanenan alga dalam skala industri pengolahan alga. Alga yang dipanen adalah alga hasil budidaya dengan jenis-jenis alga yang mempunyai nilai ekonomi. Di antara alat yang digunakan untuk pemanenan alga menggunakan teknik filtrasi dan rotasi. Dengan ilustrasi tersebut, tahapan penelitian rancang bangun alat pemanenan alga ini diawali dengan melakukan pengamatan, peniruan, dan pemodifikasian terhadap alat pemanenan yang telah ada. Dengan pendekatan tersebut diharapkan secara bertahap dapat menghasilkan produk bermanfaat dan murah menggunakan bahan baku dalam negeri.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – Desember 2022 di Laboratorium Hidrolika,

Politeknik Pekerjaan Umum, Jalan Prof. Soedarto, S.H., No. 15, Tembalang, Semarang. Contoh air yang digunakan dalam percobaan air kolam yang bermasalah dengan *algal bloom*, yaitu di kolam fakultatif atau maturasi/stabilisasi pada instalasi pengolahan air limbah domestik di daerah Bojongsong, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Bahan dan Alat

Plankton net yang digunakan adalah T 165 (US-mesh 420 atau ukuran apertur < 37 µm) sebagai penyangkai alga, UCF 210 bearing 50 mm Pillow block klaher, akrilik, pipa PVC ukuran 4 inc dan 8 inc, lem *excellent silver*. Perlengkapan *toolkit* (kunci pas, kunci ring, obeng), *Heat gun* 2000 w, *Coedless impact drill set* 12 V, *Angle Grinder* 4 in 540 w, Gergaji listrik (*jigsaw*) 85 mm, 580 w, Bor listrik.

Tahapan Penelitian

Dalam merancang bangun alat RFD dilakukan dengan tiga tahapan kegiatan, yaitu a) melakukan review kinerja terhadap alat pemanen alga yang digunakan dalam industri pengolahan alga, b) merancang bangun model fisik alat RFD skala laboratorium dengan modifikasi, c) melakukan uji coba penyangkai air yang bermasalah dengan blooming plankton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Review Alat Pemanen Alga

Sebagai konsekuensi adanya pertumbuhan yang melimpah dari alga di suatu perairan adalah terbentuk biomassa yang cukup banyak pula. Bila tidak ditanggulangi, maka konsekuensi lanjutannya adalah penurunan kadar oksigen diperairan saat malam hari, kematian ikan saat oksigen turun, pembusukan massa alga, pembusukan ikan. Oleh karena itu proses pemisahan massa alga dari perairan melalui upaya pemanenan adalah salah satu upaya penanggulangannya. Namun demikian, upaya pemanenan alga tersebut menjadi masalah utama mengingat ukuran alga yang sangat kecil. Alga bersel satu mempunyai ukuran berkisar 3 – 30 µm, dan jenis cyanobakteria berkisar 0,2 – 5 µm [7]. Adapun teknologi pemanenan alga yang berkembang saat ini, khususnya di dunia industri pengolahan alga adalah secara kimia, mekanik, operasi berbasis listrik dan dengan berbagai kombinasi dan urutan beberapa metode tersebut (Bernhardt dan Clasen, 1991; Kumar et al.,1981 dalam [7]).



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pemanenan cara kimiawi

Porses flokulasi menggunakan bahan kimia sering dilakukan sebagai *pretreatment* awal untuk menaikkan ukuran partikel sebelum digunakan metode lain, seperti flotasi. Polimer elektrolit dan polimer sintesis sering ditambahkan untuk mengkoagulasi dan memflokulasi sel mikroalga (Bernhardt dan Clasen, 1991 dalam [7]). Bahan kimia yang digunakan adalah besi alumunium, alumunium sulfat dan besi klorida. Polimer alami dapat digunakan sebagai flokulan untuk mengurangi masalah polusi tersebut, meskipun belum banyak penelitian tentang hal itu. Penelitian dari Divakaran dan Sivasankara Pillai (2002) dalam [7] telah berhasil memflokulasi dan mengendapan alga dengan adanya penambahan chitosan.

Pemanenan cara mekanik

Sentrifugasi adalah metode yang paling sering digunakan untuk proses *recovery* alga yang tersuspensi. Tenaga sentrifugal dimanfaatkan untuk pemisahan berdasarkan perbedaan massa jenis. Jenis pipa sentrifugal mudah dibersihkan dan disterilisasi dan cocok untuk semua jenis

mikroalga, tetapi harus dipertimbangkan investasi awal serta biaya operasi yang tinggi (Shelef *et al.*, 1984 dalam [7]). Teknologi sentrifugasi merupakan metode teraktual saat ini, tetapi masalah biaya menjadi kendala utama apabila digunakan untuk skala yang besar [7](Tabel 1).

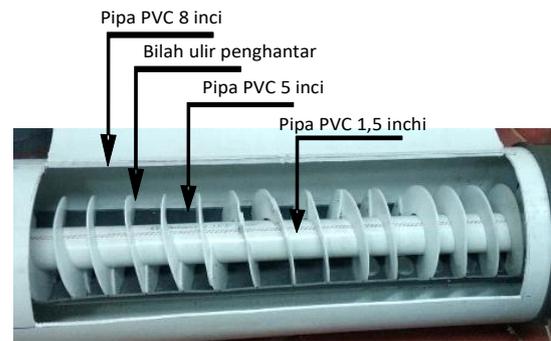
Untuk jenis alga tersuspensi yang lebih kecil, filtrasi dengan aliran tangensial perlu dipertimbangkan karena lebih mudah ditangani, tetapi adanya penyumbatan (*fouling*) menyebabkan membran harus sering diganti sehingga cukup berpengaruh pada biaya (Uduman *et al.*, 2010 dalam [7]), dan tenaga yang dibutuhkanpun cukup tinggi. Kemudian pemanenan secara sedimentasi merupakan jenis pemanenan yang paling murah dan menghasilkan konsentrasi padatan sekitar 1,5% (Uduman *et al.*, 2010 dalam [7] (Tabel 1).

Tabel 1 Metode Pemanenan Alga

Metode	% Pemisahan alga	Keuntungan	Kelemahan
Sentrifugasi	> 90	Konsentrasi padatan tinggi	Biaya tinggi menggunakan listrik
Filtrasi tangensial	70-90	Konsentrasi padatan tinggi	Biaya tinggi menggunakan listrik
Pengendapan gravitasi	10-90	Konsentrasi padatan rendah	Lambat

Konstruksi Utama RFD

Untuk membangun alat RFD ini, bahan yang diperlukan jenis pipa PVC yang berdiameter 1,5 inci; 5 inci, dan 8 inci. Pipa PVC diameter 1,5 inci digunakan sebagai media untuk menempelkan cakram uliran, sehingga membentuk rangkaian uliran dalam pipa tersebut (Gambar 2). Pipa PVC diameter 5 inci yang telah diberi lubang-lubang digunakan sebagai media untuk menempelkan saringan alga (Gambar 3). Pipa PVC diameter 8 inci digunakan untuk menahan air yang keluar dari lubang-lubang berfilter pipa PVC diameter 5 inci (Gambar 4).



Gambar 2 Pipa PVC Diameter 1,5 Inci dengan Cakram Terulir



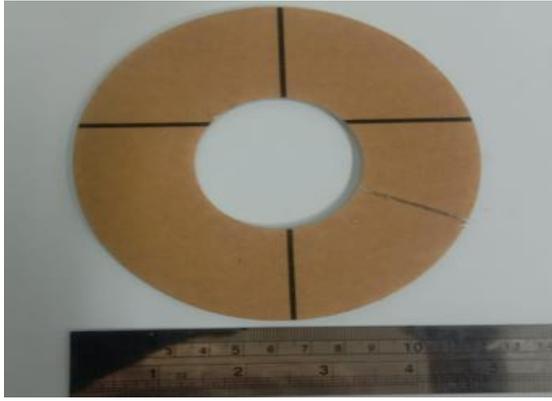
Gambar 3 Pipa PVC Diameter 5 Inci dengan Lubang-Lubang yang Akan Ditempel Filter



Gambar 4 Pipa PVC Diameter 8 Inci Sebagai Penahan Air yang Tersaring

Pembuatan Cakram Ulir

Pembuatan cakram ulir untuk mendorong massa plankton yang tersaring. Cakram tersebut terbuat dari bahan akrilik dengan diameter 4,5 inci sebagai kepingan terpisah (Gambar 5). Selanjutnya untuk memudahkan pembuatan rangkaian uliran dari cakram tersebut, tiap keping cakram dibelah salah satu bagiannya. Selanjutnya cakram dipanaskan dengan udara panas dari *heat gun* temperatur 300 °C selama 1 menit sehingga bahan menjadi lentur dan dapat dibentuk sebagai bagian uliran. Untuk membentuk rangkaian uliran, tiap cakram yang dirangkai menggunakan skrup (Gambar 6).



Gambar 5 Keping Cakram Terbuat dari Akrilik



Gambar 6 Merangkai Keping Cakram

Alat Kelengkapan dan Lainnya

Untuk mengoperasikan alat RFD yang telah lengkap (Gambar 4), diperlukan komponen penunjang lainnya, yaitu bearing as pemutar (Gambar 7a), kaki tabung RFD (Gambar 7b), lengan pemutar (Gambar 7c), *inlet* air tercemar (Gambar 8a), *outlet* air bersih (Gambar 8b), outlet alga hasil saringan (Gambar 8c).

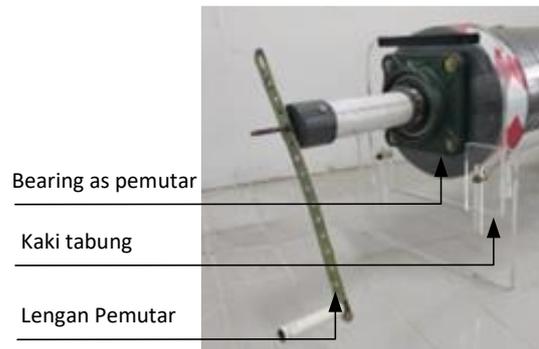
Prosedur Penggunaan Alat

Pastikan peralatan dalam kondisi siap operasi dengan memeriksa kondisi bagian dari tabung RFD komponen, yaitu a) pembuka tabung luar dalam kondisi tertutup dan terkunci, b) tempat untuk menampung hasil penyaringan di outlet alga dan outlet air bersih telah dipersiapkan, c). as pemutar dapat berputar searah dan berlawanan jarum jam, d). kaki tabung berada pada posisi datar dan telah dieratkan baut dan murnya

Siapkan air tercemar alga dalam satu wadah, siapkan dua petugas untuk menuangkan air tercemar dan memutar penyaring. Tuangkan air tercemar berlahan (petugas 1) diikuti dengan memutar penyaring oleh petugas 2.

Putar penyaring searah jarum jam dengan tujuan untuk mengeluarkan air, namun alga tetap tertahan dalam tabung penyaring. Setelah outlet air bersih sudah tidak lagi mengeluarkan air, putar berlawanan arah jarum jam.

Perputaran berlawanan jarum jam akan mendorong alga yang tertahan dalam saringan bergerak menuju outlet. Pemisahan air dan alga telah selesai. Bersihkan sisa alga yang masih tertahan dalam saringan (RFD) dengan membuka tabung pipa PVC 8 inci dan keluarkan pipa pvc 5 inci, cuci sisa alga yang masih tertahan di saringan.



Gambar 7 Bearing as Pemutar (a), Kaki Tabung (b), Lengan Pemutar (c)



Gambar 8 Inlet Air Tercemar (a), Outlet Air Tersaring (b), Outlet Alga Hasil Saringan (c)

Prosedur Pemeliharaan Alat

Bearing sisi inlet dan sisi lengan pemutar dibersihkan dan diberi pelumas secara berkala (sesudah dan sebelum menggunakan alat). Bersihkan inlet air tercemar dengan melepaskan penyangga corong. Buka tabung luar dengan melepaskan pengunci pada pembuka tabung luar (2 buah).

Setelah terlihat tabung penyaring, lepaskan scrup pada ujung-ujung tabung penyaring sehingga tabung penyaring terbuka menjadi dua bagian. Bersihkan kedua bagian tabung penyaring. Bilah penghantar terlihat setelah tabung penyaring

tebuka, bersihkan sisa alga yang masih tertinggal. Rangkai kembali peralatan mengikuti urutan dari tabung penyaring sampai dengan menutup kembali penutup tabung luar.

Uji Coba Filter T 165 (US-mesh 420 atau ukuran Apertur <math>< 37 \mu\text{m}</math> secara Gravitasi

Kunci utama dari alat pemanen alga ini adalah jenis filter yang digunakan, oleh karena itu tahap awal uji cobanya adalah mengetahui kemampuan filter dalam menyaring alga. Dalam uji coba ini, air yang digunakan adalah air yang berasal dari kolam fakultatif Instalasi Pengolahan Air Limbah

Domestik Bojongsoang, Kabupaten Bandung-Jawa Barat. Kondisi secara visual air kolam fakultatif berwarna kehijauan dan mengandung gumpalan alga di bagian permukaannya (Gambar 9-1). Volume tertentu dari air kolam tersebut disaring menggunakan filter mesh 420 secara gravitasi (Gambar 9-2). Hasil saringannya seperti dalam Gambar 9-3 dan padatan yang tersaringnya seperti Gambar 9-4. Untuk menguji kemampuan filter, sampel air sebelum dan setelah disaring dilakukan pengujian di laboratorium terhadap parameter *total suspended solid* (TSS).



(1)



(2)



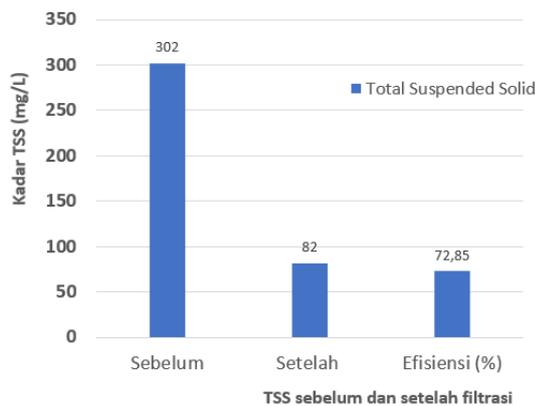
(3)



(4)

Gambar 9 (1) Foto Alga Blooming di Kolam Fakultatif, (2) Pengujian Kemampuan Menyaring dari Filter T-165/mesh 420, (3) Kondisi Secara Visual Sebelum (A) dan Setelah Penyaringan (B), (4) Padatan yang Tersaring dalam Filter

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah material tersuspensi (diameter >1 μm) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0,45 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Material penyusun parameter TSS antara lain bakteri, jamur, ganggang (alga), tanah liat, lumpur, sulfida, dan logam oksida. Berdasarkan hasil pengujian, ternyata kadar TSS sebelum disaring adalah 302 mg/L dan setelahnya 82 mg/L. Dengan demikian kemampuan filter dengan ukuran 420 mesh dapat menyaring kadar TSS sebesar 220 mg/L atau menurunkan kadar TSS sebesar 72,85 % TSS atau alga yang dapat tersaring sebesar 72,85% (Gambar 10).



Gambar 10 Kadar Parameter TSS (total suspended solid) Sebelum dan Setelah Filtrasi dan Persentase Penurunannya

KESIMPULAN

Faktor utama dalam rancang bangun alat pemanen alga adalah ukuran pori filter. Pemanenan alga secara gravitasi dengan filter ukuran 420 mesh atau aperturnya < 37 μm diperoleh penurunan kadar padatan alga yang dikonversi sebagai parameter TSS (*total suspended solid*) sebesar 72,85% dari kadar awal TSS 302 mg/L.

Alat pemanen alga dengan sistem *rotating filtered-drum* menurut prosesnya telah berwujud dan dapat beroperasi secara manual. Bilamana alat ini beroperasi menggunakan jenis filter aperturnya <37 μm , maka diduga hasil filtrasinya hampir sama penyaringan secara gravitasi dan prosesnya lebih cepat.

Saran

Untuk menyempurnakan alat pemanen perlu dilakukan uji coba menggunakan air kolam yang tercemar alga dan dengan memperhatikan beberapa variabel lainnya, yaitu jenis filter, kecepatan putaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Politeknik Pekerjaan Umum melalui Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas anggaran yang diberikan untuk penelitian tahun 2022. Demikian juga kepada Kepala Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik, Bojong Soang, Kabupaten Bandung atas perkenan melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Valero, E., Alvarez, X., Cancela, A., Sanches, A. (2015). Harvesting green algae from eutrophic reservoir by electroflocculation and post-use for biodiesel production. *Bioresources Technology*. Vol. 187, Juli 2015. Pages 255 – 262. Elsevier.
- [2] Brahmana, S.S., Bahri, S. (2002). Pengaruh nitrogen dan fosfat terhadap terjadinya algal bloom di Waduk Karangates, *Buletin Pusair* (Media Informasi Kegiatan Penelitian Keairan), Volume XI, No. 38, November 2002, Puslitbang Sumber Daya Air.
- [3] Brindonews (2020). Mengenal Penyebab 'Blooming Alga' di Pulau Makian. Brindonews.com. 25 Februari 2020. Diakses 2 Mei 2022.
- [4] Darilaut (2019). Fenomena Alga Berbahaya di Teluk Ambon Tercatat Sejak 1990-an. Darilaut.id. 31 Oktober 2020. Diakses 2 Mei 2022.
- [5] Ariyanti, D., Handayani, N.A. (2012). Mikroalga sebagai sumber energi terbarukan : Teknik Kultivasi dan Pemanenan. *Jurnal Metana* (Online) Volume 6 Nomor 2. Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. DOI : <https://doi.org/10.14710/metana.v6i2.3431> (Diakses, tanggal 2 Mei 2022).
- [6] Machinery Co., Ltd, Liaoyang Wanda (2014). Alat Pemisah Panen Spirulina, Mesin Pemisah Tubular Sentrifugal Di Pabrik Tiongkok, <https://indonesian.alibaba.com/g/algae-harvesting-machine.html>. Akses 20 Desember 2023.
- [7] Hadiyanto dan Azim, M. (2012). Mikroalga Sumber Pangan Dan Energi Masa Depan, Edisi ke-1, Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE). Penerbit dan Percetakan UPT UNDIP Press Semarang.