

PERBANDINGAN ANTARA MIKROALGA *CHLORELLA SP* DAN *SPIRULINA PLATENSIS* DALAM PENURUNAN NITRAT FOSFAT PADA AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN *OXIDATION DITCH ALGAE REACTOR (ODAR)*

Jihan Iivi N, Nabilla Candrahanifa, Nadiya Kamilalita dan Euis Nurul H

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: euisnh.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Sebelum dilepas ke lingkungan, air limbah domestik harus diolah dengan baik terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan air limbah domestik masih mengandung bahan organik dan anorganik yang tinggi salah satunya yaitu nitrat. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat digunakan yaitu menggunakan *Oxidation Ditch Algae Reactor (ODAR)*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan efektifitas mikroalga *Chlorella Sp* dan *Spirulina Platensis* dalam mendegradasi kandungan nitrat dan fosfat yang ada didalam air limbah domestik. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi jenis mikroalga dan variasi perbandingan volume limbah dengan mikroalga (1:0 dan 1:2). Penelitian ini dilakukan dalam kondisi *intermittent* aerasi selama 5 hari. Hasil optimum penyisihan nitrat dan fosfat terjadi pada variasi perbandingan 1:2 menggunakan mikroalga berjenis *Spirulina plantensis* dengan persen penyisihan sebesar 80,24% dan 83,58%. Dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa mikroalga jenis *Spirulina plantensis* memiliki kemampuan yang lebih efektif untuk menyisihkan nitrat dan fosfat pada air limbah domestik apabila dibandingkan dengan mikroalga jenis *Chlorella sp*.

Kata kunci : *Oxidation Ditch, Chlorella Sp, Spirulina Platensis, Nitrat, Fosfat, Aerasi Intermitten*

ABSTRACT

Before being released into the environment, domestic wastewater must be treated properly first. This is because domestic wastewater still contains high organic and inorganic materials, one of which is nitrate. One alternative treatment that can be used is to use Oxidation Ditch Algae Reactor (ODAR). The purpose of this study was to compare the effectiveness of microalgae Chlorella Sp and Spirulina Platensis in degrading nitrate and phosphate content in domestic wastewater. The variations used in this study are variations in the type of microalgae and variations in the ratio of the volume of waste to microalgae (1:0 dan 1:2). This research was conducted under intermittent aeration for 5 days. The optimum results for the removal of nitrate and phosphate occurred at a 1:2 ratio variation using Spirulina plantensis microalgae with a percent removal of 80.24% and 83.58%, respectively. From the research that has been done, it shows that the microalgae type Spirulina plantensis has a more effective ability to remove nitrate and phosphate in domestic wastewater when compared to microalgae type Chlorella sp.

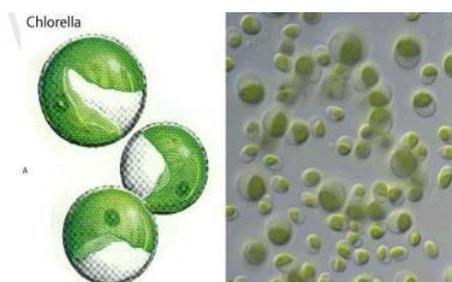
Keyword : *Oxidation Ditch, Chlorella Sp, Spirulina Platensis, Nitrate, Phosphate, Intermittent aeration*

PENDAHULUAN

Limbah domestik memiliki kandungan mikroorganisme patogen yang berbahaya dan dapat merusak lingkungan, serta dapat menyebabkan penyakit apabila masuk ke dalam tubuh manusia (Fachrizal, 2004). Air limbah domestik mengandung bahan organik maupun anorganik yang tinggi, sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Pengolahan air limbah yang mengandung bahan organik umumnya menggunakan metode pengolahan secara biologis (Tanjung Murti Pratiwi et al., 2019).

Pada penelitian ini menggunakan *Oxidation Ditch*, karena memiliki kemampuan penyisihan yang tinggi dengan konsentrasi mikroorganisme yang relatif kecil, kebutuhan oksigen, dan pengadukan secara alami. Pada proses *Oxidation Ditch* dengan penambahan mikroalga memiliki kemampuan penyisihan yang tinggi dan dapat berpotensi menjadi proses yang lebih efektif (Safriah et al., 2021). Penambahan alga dan alga yang terkandung didalamnya memiliki peran yang sangat berpengaruh, karena adanya simbiosis mutualisme antara bakteri heterotrof dengan sel alga yang ada didalamnya (Nurrohman, 2016). Mikroalga memanfaatkan limbah sebagai kebutuhan nutrisi dan secara enzimatik dapat mendegradasi polutan. Nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam limbah digunakan sebagai sumber karbon (Farahdiba et al., 2020). Mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *Chlorella Sp* dan *Spirulina Platensis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan efektifitas mikroalga *Chlorella Sp* dan *Spirulina Platensis* pada *Oxidation Ditch* dalam mendegradasi kandungan nitrat dan fosfat untuk mengolah air limbah domestik.

CHLORELLA SP



Gambar -1 : Mikroalga *Chlorella Sp*

Chlorella Sp adalah salah satu jenis alga hijau yang pergerakannya sangat lambat dan seakan-akan tidak bergerak (Alim dan Kurniastuty, 1995). *Chlorella Sp* memiliki bentuk mikroskopik, tidak memiliki akar, batang dan daun. Oleh karena itu, digolongkan ke dalam mikroorganisme tingkat rendah. *Chlorella Sp* memiliki pigmen yang terdiri atas klorofil, karotenoid dan xanthofil. *Chlorella Sp* juga berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis karena banyak terdapat klorofil. *Chlorella Sp* memiliki sel berbentuk bulat, berukuran 2-8 µm dan hidup soliter.

SPIRULINA PLATENSIS



Gambar -2 : Mikroalga *Spirulina Platensis*

Menurut penelitian (Anaida Simamora et al., 2017), *Spirulina Platensis* memiliki efisien dalam meningkatkan kualitas air limbah yang tercemar. *Spirulina Platensis* memiliki kemampuan untuk meremoval bahan organik. *Spirulina Platensis* merupakan jenis bakteri yang mengandung klorofil (*cyanobacteria*), sehingga dapat membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis. *Spirulina Platensis* memiliki warna hijau-biru dan berbentuk seperti spiral yang mengandung fikosianin tinggi. *Spirulina Platensis* dapat tumbuh dengan baik di lingkungan atau media kultur yang memiliki pH sekitar 8,5-11. Suhu terendah untuk *Spirulina Platensis* agar tetap hidup adalah 15°C serta suhu optimal 35°C - 40°C.

NITRAT

Nitrat memiliki manfaat sebagai nutrisi oleh mikroalga yang dapat membantu pertumbuhan dan sintesis dalam protein. Menurut Edhy et.al. (2003) nitrogen yang dapat dimanfaatkan oleh makroalga adalah ammonia bebas (NH₃) dan nitrat (NO₃), yang dapat berfungsi sebagai pembentukan asam amino, lemak, dan sel-sel vegetatif. Nitrat

(NO³) merupakan bentuk nitrogen utama di perairan alami dan juga merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat dan amonium adalah salah satu sumber utama nitrogen didalam perairan. Kandungan nitrat-nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya pengayaan nutrisi, sehingga dapat menstimulir pertumbuhan alga dan tumbuhan air di perairan tersebut secara cepat (Darley, 1982).

FOSFAT

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuh-tumbuhan. Fosfor juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Ortofosfat, PO⁴₃, merupakan fosfor anorganik sumber P yang sangat penting untuk pertumbuhan alga. Beberapa alga menyediakan PO⁴₃ sebagai polyfosfat dalam butiran sitoplasmik dengan diameter sebesar 30 – 500 nm. Kondisi pertumbuhan alga pada musim panas dapat terjadi dengan adanya konsentrasi fosfat anorganik kurang dari 0,005 – 0,01 mg/l

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan skala pilot oksidasi parit dengan sistem *batch* yang memiliki kapasitas 500 liter dengan kapasitas operasi 250 liter pada kecepatan 60 rpm. Jenis mikroalga yang digunakan *Chlorella Sp* dan *Spirulina Platensis*. Air limbah domestik yang digunakan berasal dari air limbah domestik Rusunawa Penjaringsari 2 Pandugo Kota Surabaya. Percobaan ini berlangsung selama 5 hari untuk sekali *running* pada variasi rasio perbandingan volume dengan *intermitten* aerasi (setiap 7 jam dan mati selama 3 jam x 5 hari)

Tahap awal penelitian adalah *seeding* mikroalga untuk memperbanyak jumlah mikroalga dari bibit murni. Tahap kedua adalah aklimatisasi mikroalga yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan mikroalga bertahan hidup di air limbah domestik. Proses aklimatisasi menambahkan konsentrasi 100% air limbah domestik yang secara bertahap ditambahkan ke dalam wadah berisi mikroalga yang siap untuk diaklimatisasi.

Selama tahap aklimatisasi, mikroalga menunjukkan perubahan warna dari hijau muda menjadi hijau tua, sedangkan parameter DO, suhu dan pH masih dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan mikroalga. Sehingga dari hasil aklimatisasi didapatkan konsentrasi limbah cair yang digunakan untuk penelitian utama adalah 100%.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN PENDAHULUAN

Seeding Chlorella Sp

Seeding Chlorella Sp dilakukan dengan mencampurkan bibit *Chlorella Sp* murni dengan air TDS nol kedalam kontainer dengan perbandingan 1 : 2. Selanjutnya ditambahkan nutrisi kayu dan aerasi. Proses *seeding* dilakukan selama 5-7 hari. Saat *seeding* berlangsung diperlukan aerasi dan pencahayaan yang cukup serta pH harus dijaga dalam rentang 8-9. Pertumbuhan *Chlorella Sp* pada proses *seeding* dapat diamati secara fisik dengan adanya perubahan warna dari hijau bening menjadi hijau yang lebih pekat.

Seeding Spirulina Platensis

Seeding Spirulina Platensis diawali dengan mencampurkan bibit mikroalga *Spirulina Platensis* dengan air dan perbandingan 1:1 ke dalam kontainer. Selanjutnya ditambahkan nutrisi F2 Guillard dan aerasi. Pada proses *seeding* penyinaran dilakukan dengan menggunakan lampu. Proses *seeding* berlangsung selama 5-7 hari. Selama proses *seeding* pH dijaga di range 8-9. Pertumbuhan mikroalga *Spirulina Platensis* pada saat *seeding* secara visual dapat ditandai dengan perubahan warna bak kultur mikroalga berwarna hijau pekat.

Kultivasi Chlorella Sp

Aklimatisasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan mikroalga dapat bertahan hidup dalam limbah domestik. Aklimatisasi pada *Chlorella Sp* dilakukan dengan menambah 3,5 liter air limbah domestik ke dalam kontainer yang telah terisi mikroalga secara bertahap selama 5 hari. Di saat proses aklimatisasi berlangsung dilakukan pengecekan pH, suhu dan juga DO.

Kultivasi *Spirulina Platensis*

Proses aklimatisasi dilakukan dengan menyiapkan mikroalga *Spirulina Platensis* siap aklimatisasi sebanyak 5 liter kedalam kontainer. Selanjutnya menambahkan air limbah secara berkala sebesar 5 liter selama 5 hari. Selama aklimatisasi dilakukan pengecekan DO, suhu dan pH. Selama aklimatisasi dilakukan pengecekan DO, suhu dan pH.

Hasil uji awal air limbah domestik Rusunawa Penjaringasari 2 Pandugo Surabaya

Tabel -1 Analisa Awal Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kadar Pengujian
1	pH	-	7,4
2	Suhu	⁰ C	27
3	Nitrat	mg/l	5,82
4	Fosfat	mg/L	3,35

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

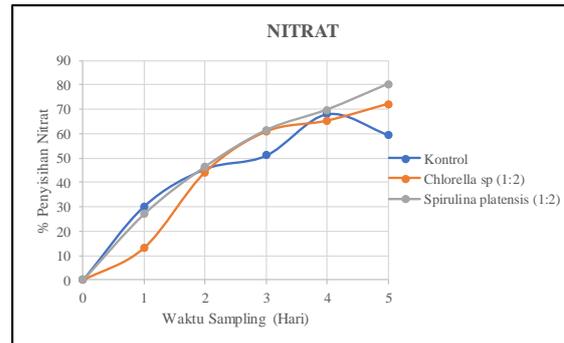
Berikut merupakan kemampuan penyisihan nitrat pada mikrolaga *Chlorella Sp* dan *Spirulina Platensis* yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel -2 Persen Penyisihan Nitrat Dalam Berbagai Jenis Mikroalga

Perbandingan Limbah dan Mikroalga	Waktu sampling (hari)	Nitrat (mg/l)	% Penyisihan Nitrat
<i>Kontrol</i>			
1 : 0	0	5,82	0,00
	1	4,06	30,24
	2	3,17	45,53
	3	2,85	51,03
	4	1,86	68,04
	5	2,35	59,62
<i>Chlorella sp</i>			
1 : 2	0	5,82	0
	1	5,05	13,23
	2	3,25	44,16
	3	2,28	60,82
	4	2,02	65,29
	5	1,62	72,16
<i>Spirulina platensis</i>			
1 : 2	0	5,82	0,00
	1	4,25	26,98
	2	3,12	46,39
	3	2,25	61,34
	4	1,76	69,76
	5	1,15	80,24

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Kemampuan berbagai jenis mikroalga dalam penyisihan nitrat ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Grafik -1: Grafik Removal Nitrat Dalam berbagai Jenis Mikroalga

Jika dibandingkan antara *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* sama-sama mengalami perubahan penyisihan konsentrasi nitrat yang berbeda-beda dari hari pertama hingga hari kelima. *Spirulina platensis* mempunyai nilai penyisihan nitrat lebih besar dengan posisi grafik lebih tinggi serta berhimpitan antar rasio.

Dilihat dari karakteristik air limbah domestik terdapat senyawa nitrat yang dapat diserap langsung oleh mikroalga untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam pertumbuhannya. Untuk ammonia dan akan diubah terlebih dahulu melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat yang akhirnya dapat diserap oleh mikroalga (Sayekti, Rini Wahyu, 2011). Proses penyisihan nitrat pada mikroalga disebabkan oleh membran plasma yang terdapat pada mikroalga dimana akan menyerap nitrat untuk disimpan disitoplasma yang selanjutnya akan dikonversi menjadi protein dan klorofil dengan bantuan enzim *nitrate reductase* (Ali, 2013)

Kondisi penurunan nitrat terbaik terjadi pada perbandingan volume 1:2 di hari kelima dengan persen penyisihan sebesar 72,16% pada mikroalga *Chlorella sp* dan 80,24% pada mikroalga *Spirulina platensis*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Widya, 2017) bahwa semakin tinggi konsentrasi sel mikroalga, kebutuhan mikroalga akan nitrat juga meningkat sehingga konsentrasi nitrat juga akan menurun. Selain mikroalga, mikroorganisme juga berperan terhadap penyisihan nitrat dalam air limbah.

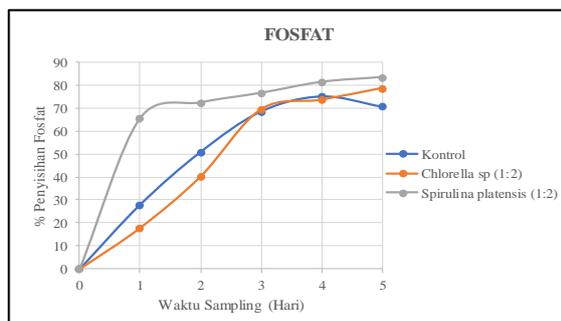
Pada *Oxidation Ditch Algae Reactor* terdapat kondisi aerob dan anaerob yang secara alami dapat ditumbuhi oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Bakteri ini akan membantu dalam proses nitrifikasi yaitu untuk menurunkan nitrat pada air limbah domestik. Kedua bakteri tersebut mengubah *ammonium* menjadi nitrit lalu mengubah nitrit menjadi nitrat. Pada saat kondisi *anoxic ammonium* dengan nitrit yang menjadi *co-substrate* akan dikonversi menjadi air dan dinitrogen melalui reaksi *anammox*. Hal ini menyebabkan konsentrasi nitrat pada air limbah domestik akan mengalami penurunan.

Fosfor dimanfaatkan oleh mikroalga kedalam bentuk fosfat untuk mensistesis asam amino, pembentukan ATP (*Adenosine triphosphate*), asam nukleat (DNA dan RNA), serta pigmen (Jalal et al., 2011). Setelah dilakukan percobaan selama 5 hari dengan berbagai variasi dapat diperoleh hasil persen penyisihan fosfat beragam pada kedua jenis mikroalga yang digunakan. Namun cenderung meningkat sejak hari pertama hingga hari ke lima. Dilihat dari grafik 2 yang tersaji dapat diketahui bahwa mikroalga *Spirulina platensis* mempunyai nilai persen penyisihan lebih besar dengan cenderung posisi grafik lebih tinggi.

Tabel -3 Persen Penyisihan Fosfat Dalam Berbagai Jenis Mikroalga

Perbandingan Limbah dan Mikroalga	Waktu Sampling (hari)	Fosfat (mg/l)	% Penyisihan Fosfat
Kontrol			
1 : 0	0	3,35	0
	1	2,41	28,06
	2	1,64	51,04
	3	1,05	68,66
	4	0,83	75,22
	5	0,98	70,75
<i>Chlorella sp</i>			
1 : 2	0	3,35	0
	1	2,75	17,91
	2	2	40,3
	3	1,02	69,55
	4	0,88	73,73
	5	0,71	78,81
<i>Spirulina platensis</i>			
1 : 2	0	3,35	0
	1	1,15	65,67
	2	0,92	72,54
	3	0,78	76,72
	4	0,62	81,49
	5	0,55	83,58

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Grafik -2: Grafik Removal Fosfat Dalam Berbagai Jenis Mikroalga

Penurunan fosfat dapat terjadi pada mikroalga melalui proses adsorpsi dan asimilasi, dimana fosfat organik akan direduksi menjadi ortofosfat oleh enzim *fosfatase* pada permukaan sel. Ion kalsium merupakan salah satu penyusun dinding sel mikroalga yang akan mengikat fosfat dan kalsium monohidrogen fosfat yang kemudian digunakan oleh mikroalga untuk metabolisme sel (Anggreni, 2016)

Mikroalga *Spirulina platensis* mampu menyisihkan fosfat sebesar 83,58% pada variasi rasio perbandingan 1:2 sedangkan pada mikroalga *Chlorella sp* mampu menyisihkan fosfat sebesar 78,81%. Hal tersebut disebabkan karena semakin lama mikroalga dalam reaktor maka konsentrasi sel mikroalga juga akan meningkat. Hal ini ini mengakibatkan semakin cepat pula kadar fosfat akan diserap oleh mikroalga karena kebutuhan mikroalga akan fosfat yang meningkat (Djuni., 2019).

Selain mikroalga, mikroorganisme lain seperti bakteri secara alami akan tumbuh pada *Oxidation Ditch Algae Reactor* yakni mikroorganisme pengakumulasi polifosfat (*Polyphosphate Accumulating Organisms/PAO*). PAO akan mengembalikan simpanan polifosfat melalui konsumsi fosfor yang berfungsi untuk pembentukan komponen selulernya (Khusnuryani, 2008).

Keuntungan yang dihasilkan dengan mengkondisikan reaktor dalam keadaan *intermitten* aerasi yaitu berkaitan dengan proses denitrifikasi yang berlangsung, dimana kondisi tersebut cocok bagi mikroorganisme pengakumulasi polifosfat (*polyphosphate accumulating organisms/PAO*) untuk

penyerapan fosfat. Selama proses aerobik mikroorganisme PAO akan membentuk energi untuk pertumbuhan dan sintesis polifosfat, tahap selanjutnya akan disimpan oleh mikroorganisme PAO selama kondisi anaerobik (Ujang et al., 2002).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa mikroalga *Spirulina Platensis* memiliki kinerja yang lebih efektif dalam menyisihkan konsentrasi nitrat dan fosfat daripada mikroalga *Chlorella sp.* Hasil optimum penyisihan nitrat dan fosfat terjadi pada variasi rasio perbandingan 1:2 dengan persen penyisihan tertinggi sebesar 80,24% dan 83,58% pada hari kelima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas pendanaan dari Kurita Water and Environment Foundation (KWEF) Japan through Kurita Overseas Research Grant 2021 dengan *Reference Number*: 20Pid012-T11.

DAFTAR PUSTAKA

Anaida Simamora, L., Sudarno, & Istirokhatun, T. (2017). Kultivasi Mikroalga Sebagai Metode Pengolahan Dalam Menyisihkan Kadar COD dan Amonium Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1).

Anggreni, D. (2016). Produksi Biomassa, Lipid dan Protein Sel Tunggal Mikroalga *Nannochloropsis sp.* Sebagai Suplemen Makanan. *Penelitian Hibah Bersaing Univ. Udayana*.

Farahdiba, A. U., Hidayah, E. N., Asmar, G. A., & Myint, Y. W. (2020). Growth and Removal of Nitrogen and Phosphorus by a Macroalgae *Cladophora glomerata* under Different Nitrate Concentrations. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(2), 809–813. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2020.V19I02.038>.

Jalal, K. C. a., Md Zahangir, A., Matin, W. a., Kamaruzzaman, B. Y., Akbar, J., & Toffazel, H. (2011). Removal of Nitrate and Phosphate From Municipal Wastewater Sludge By *Chlorella Vulgaris*, *Spirulina Platensis* and. *IJUM Engineering Journal*, 12(4), 125–132.

Khusnuryani, A. (2008). Mikrobia Sebagai Agen Penurun Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Seminar Nasional Aplikasi Sains and Teknologi*, 144–151.

Nurrohman, R. (2016). Oxidation Ditch Algae Reactor dalam Pengolahan Nutrien Limbah Greywater Perkotaan.

Safrilia, S., Kurniasari, L., Hidayah, E. N., & Cahyonugroho, O. H. (2021). Comparison Between *Chlorella vulgaris* And *Spirulina platensis* in Oxidation Ditch Algae Reactor for Treating Tofu Wastewater. 2021, 38–42.

Sayekti, Rini Wahyu., Haribowo Riyanto., Vivit yohana dan Prabowo, A. (2011). Studi efektifitas penurunan kadar bod, cod dan nh 3 pada limbah cair rumah sakit dengan. *Jurnal Pengairan*, Vol 2(61), 1–9.

Tunjung Murti Pratiwi, N., Hariyani, S., Puspa Ayu, I., Apriadi, T., Iswantari, A., & Yuni Wulandari, D. (2019). Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Laboratorium ProlingMSP-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 89–95. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/89>

Ujang, Z., Salim, M. R., & Khor, S. L. (2002). The effect of aeration and non-aeration time on simultaneous organic, nitrogen and phosphorus removal using an intermittent aeration membrane bioreactor. *Water Science and Technology*, 46(9), 193–200.

Widya, Y. Z. D. F. P. U. R. K. B. (2017). Yelmira Zalfiatri Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau Kampus Bina Widya., Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella Sp.* Dan Starbact® Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu, 140–153.

Buku

Ali, M. (2013). Degradasi Nitrat Limbah Domestik Dengan Alga Hijau (*Chlorella Sp.*). *In UPN Veteran Jatim*.