

UTILIZATION OF MICROALGAE *Scenedesmus vacuolatus* AS A PHOSPHATE (PO_4^{3-}) BIOREMEDIATOR IN DOMESTIC WASTEWATER

Ahmad Yusron Fathoni^{1*}, Nursyirwani², Irwan Effendi², Hanies Ambarsari³

¹Student of The Faculty of Fisheries and Marine Science Universitas Riau, Pekanbaru

²Lecturer at The Faculty of Fisheries and Marine Science Universitas Riau, Pekanbaru

³Head of Environmental Microbiology Laboratory of PTL-BPPT Serpong

*ahmadyusronfathoni@yahoo.com

ABSTRACT

This research was conducted in October 2019 to determine the effect of differences in the addition of KH_2PO_4 concentrations and the concentration of microalgae *Scenedesmus vacuolatus* with experiment method. The results showed significant effect was found on differences in microalgae concentration and KH_2PO_4 concentration. KH_2PO_4 with the concentration of 8 ppm is the most influential on decreasing phosphate levels than KH_2PO_4 with 5 ppm. The highest samples in phosphate reduction were A2, B2 and C2 with different algal formulations and 8 ppm KH_2PO_4 concentration. Two-way ANOVA test showed sig. 0.000, Which was mean that there were significant effect to decrease levels of phosphate based on concentration. Post hoc DMRT which has a significantly different dominance value of KH_2PO_4 concentration results that A1, B1, C1 with A2, B2, C2 have significant differences in the decrease in phosphate levels due to differences in KH_2PO_4 levels.

Keywords: BPPT, *Microalga*, *Scenedesmus vacuolatus*, KH_2PO_4

I. PENDAHULUAN

Kerusakan ekosistem air adalah berupa menurunnya kualitas air salah satunya karena kandungan senyawa dari limbah rumah tangga yang masuk ke dalam air. Salah satu penyebab menurunnya kualitas air adalah pencemaran dari limbah rumah tangga. Limbah rumah tangga (limbah domestik) merupakan jumlah pencemar terbesar yaitu sekitar 85% yang masuk ke badan air di Indonesia dan bermuara ke laut (Rifai, 2013).

Limbah cair domestik yang paling tinggi volumenya adalah deterjen. Hal ini seiring dengan produksi deterjen dunia yang mencapai 2,7 juta ton/tahun, dengan kenaikan produksi tahunan mencapai 5%. Adanya limbah deterjen perlu diwaspadai

karena kandungan bahan aktif dalam deterjen dapat mengganggu kesehatan.

Deterjen juga mencemari lingkungan, sehingga mengurangi jatah oksigen terlarut bagi biota air. Dampak pada manusia antara lain iritasi pada kulit dan mata, serta kerusakan pada ginjal dan empedu. Adapun bagi hewan antara lain gangguan imun. Konsentrasi mematikan 50% pada deterjen adalah 0,3-60 ppm (Rochman, 2009).

Umumnya deterjen tersusun atas tiga komponen utama yang terdiri dari surfaktan (sebagai bahan dasar detergen) 20%, bahan builder (senyawa fosfat) 90% dan bahan aditif (pemutih, pewangi) 10%. Kandungan senyawa fosfat dalam detergen cukup besar sehingga limbah dari proses pencucian mempunyai kandungan fosfat yang cukup tinggi. Keberadaan fosfat yang berlebihan

di badan air menyebabkan suatu fenomena memungkinkan alga dan tumbuhan air tumbuh berkembang biak dengan cepat. Keadaan ini menyebabkan kualitas air menjadi menurun, karena rendahnya konsentrasi oksigen terlarut bahkan sampai batas nol, sehingga menyebabkan kematian makhluk hidup air seperti ikan dan spesies lain yang hidup di air.

Pada kondisi demikian, diperlukan suatu sistem pengolahan limbah rumah tangga yang selain murah dan mudah diterapkan, juga dapat memberi hasil yang optimal dalam mengolah dan mengendalikan limbah rumah tangga sehingga dampaknya terhadap lingkungan dapat dikurangi. Berdasarkan berbagai fakta tersebut, maka peluang untuk memanfaatkan mikroalga pada proses bioremediasi limbah rumah tangga sangat memungkinkan, sehingga diperlukan suatu penelitian untuk memperoleh fakta-fakta ilmiah yang lebih detail. Untuk itu maka suatu penelitian dalam bentuk stimulasi mikroalga dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh bioremediasi yang menggunakan mikroalga terhadap peningkatan kualitas limbah rumah tangga terutama penurunan kadar fosfat (Zairinayati, 2018).

Mikroalga merupakan tumbuhan planktonik dengan sifat bebas melayang, memiliki klorofil untuk dapat berfotosintesis dan dapat menghasilkan senyawa organik. Mikroalga yang digunakan pada penelitian ini adalah *S. vacuolatus* yang merupakan spesies mikroalga yang memiliki laju pertumbuhan

eutrofikasi. Kondisi eutrofik sangat tinggi, kosmopolit dan tidak motil. Mikroalga *S. vacuolatus* merupakan mikroalga bersel tunggal berwarna hijau dan banyak di temui pada perairan laut. Kandungan klorofil *S. vacuolatus* mencapai 3% dengan inti sel berukuran 20 nm. Pergerakannya dipengaruhi oleh arus perairan (Bintoro, 2015).

Mikroalga *S. vacuolatus* juga mampu memanfaatkan berbagai mineral yang terdapat di dalam air hingga dasar perairan. Dalam fitoremediasi, pemanfaatan *S. vacuolatus* mampu menghilangkan senyawa-senyawa logam As (III) dan As (V) sebesar 80-90 % dari media pertumbuhan dengan penambahan arsenik (Podder, 2016). Kenyataan ini menjadi dasar digunakannya mikroalga *S. vacuolatus* sebagai penyerap polutan yang terkandung dalam limbah khususnya fosfat.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengambilan sampel menggunakan metode composite sampling terdiri dari 3 stasiun. Stasiun I yang terdapat pemukiman penduduk dan berhadapan langsung dengan pelabuhan, Stasiun II yang berlokasi disekitar tempat pemberhentian kapal-kapal nelayan berkapasitas kecil yang juga berhadapan langsung dengan pelabuhan, Stasiun III diambil sedikit jauh dari pelabuhan dimana kapal nelayan berlalulalang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan setiap hari dengan tiga kali

pengulangan, hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada lampiran, sedangkan untuk rata-rata dari parameter kualitas air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kualitas Air

Parameter	Perlakuan	Pengamatan hari					
		1	3	6	9	12	15
Suhu (°C)	K1	27,2	28,1	28,9	29,0	27,5	28,9
	K2	27,6	28,3	28,5	28,8	27,8	28,5
	A1	27,5	27,9	28,9	28,2	27,2	30,1
	A2	27,6	28,4	28,3	28,4	27,4	29,3
	B1	27,6	28,3	29,1	28,3	27,6	29,6
	B2	27,5	27,6	28,5	28,5	27,5	28,9
	C1	27,8	27,8	28,8	28,7	27,9	30,4
	C2	27,7	28,9	28,6	28,6	27,7	29,1
pH	K1	8,2	8,2	8,2	8,1	8,4	8,0
	K2	8,2	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1
	A1	8,5	8,3	8,3	8,2	8,1	8,2
	A2	8,6	8,1	8,2	8,2	8,1	8,1
	B1	8,6	8,2	8,2	8,1	8,1	8,1
	B2	8,7	8,1	8,1	8,2	8,1	8,1
	C1	9,4	9,2	9,2	9,0	8,9	8,8
	C2	9,2	8,8	8,5	8,1	7,9	7,5
DO (mg/l)	K1	16,5	16,0	15,2	16,1	14,8	14,2
	K2	15,2	14,1	16,1	15,1	14,1	12,8
	A1	14,8	14,1	14,1	12,8	12,1	11,1
	A2	14,2	14,2	13,2	13,1	12,0	10,2
	B1	13,8	13,6	12,8	12,4	10,7	9,7
	B2	13,9	13,2	13,5	11,7	12,4	9,5
	C1	14,2	13,4	13,1	12,1	10,2	9,1
	C2	12,4	11,2	10,2	10,3	9,3	8,7

Berdasarkan dari tabel dapat dilihat bahwa kualitas air pada kultur *S. vacuolatus* masih dalam keadaan yang baik untuk pertumbuhannya. Pada parameter kualitas air menunjukkan, suhu berkisar 27,3-30,4 °C, pada Ph memiliki rata-rata 8,1 dan pada *Dissolved Oxygen* (DO) berkisar 16,5-7,5 mg/l

Parameter Fisika Air

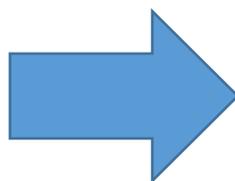
Pada pengamatan makroskopik disini menghasilkan perbedaan warna kultur pada H₀ dan H₉. Disini terlihat bahwa konsentrasi fosfat berpengaruh terhadap warna dari kultur *S. vacuolatus*, pada H₉ terlihat untuk konsentrasi fosfat 8 ppm

berwarna lebih gelap (*apple green*) dibandingkan dengan 5 ppm warna lebih cenderung ke hijau rumput (*grass green*).



8 ppm

5 ppm



8 ppm

5

Hal ini disebabkan karena fosfat 8 ppm lebih cepat diremediasikan dan membuat *S. vacuolatus* cepat berkembang.

Analisis *Optical Density* (OD)

Pengukuran nilai absorbansi dilakukan pada hari pengamatan (H) H₁,

H₃, H₆, H₉, H₁₂ dan H₁₅. Sehingga didapat hasil perhitungan OD (*Optical Density*) yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran *Optical Density*

Perlakuan	Hari ke 0	Hari ke 3	Hari ke 6	Hari ke 9	Hari ke 12	Hari ke 15
K1	0,0316	0,0337	0,0367	0,0380	0,0401	0,0418
K2	0,0412	0,0454	0,0468	0,0486	0,0490	0,0511
A1	0,0618	0,1060	0,1224	0,1490	0,2103	0,2615
A2	0,0660	0,2690	0,2947	0,3376	0,4018	0,5548
B1	0,1175	0,1603	0,1382	0,4173	0,5078	0,5889
B2	0,1365	0,2845	0,4156	0,5178	0,6281	0,9857
C1	0,1625	0,1890	0,1517	0,4176	0,6190	0,6901

Nilai OD berkisar 0,0318 – 1,2234. OD tertinggi terdapat pada perlakuan C2 dengan konsentrasi alga 150 ml dan fosfat 8 ppm yaitu 1,2234.

Total Dissolved Solid pada Kultur Mikroalga *Scenedesmus vacuolatus*

Pada pengujian TDS dilakukan setiap hari selama penelitian berlangsung (Lampiran 4), dan disajikan setiap 3 hari yaitu (H) H₀, H₃, H₆, H₉, H₁₂ dan H₁₅. Hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Total Dissolved Solid (ppm)

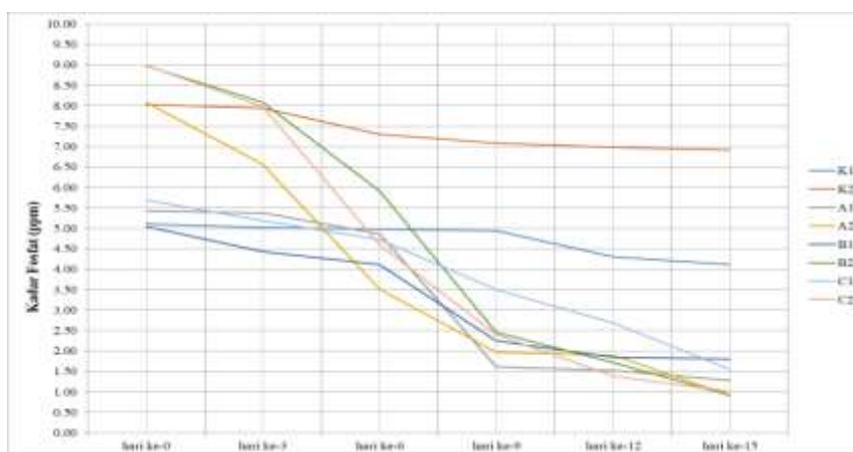
Perlakuan	Hari ke					
	0	3	6	9	12	15
K1	212	225	227	231	242	245
K2	224	231	245	248	271	291
A1	321	354	369	381	389	390
A2	328	389	428	460	489	501
B1	456	535	541	528	568	568
B2	476	545	576	632	642	661
C1	678	768	781	812	824	823
C2	680	765	845	920	957	978

Pada hasil uji TDS, semakin lama proses kultur semakin banyak jumlah sel mikroalga yang menyebabkan TDS meningkat, ini sesuai dengan pernyataan Handerson (2010) TDS terukur disebabkan benda-benda padat didalam air yang berasal dari banyak sumber, organik seperti daun, lumpur, plankton serta limbah industri. Pada Tabel 1 bisa dilihat peningkatan dari tiap ujinya yang menyebabkan penurunan aktifitas bioremediasi dikarenakan ketika padatan terlarut meningkat menyebabkan

peningkatan kekeruhan yang mengurangi sinar matahari yang masuk kedalam air. Ketika sinar matahari sulit menembus badan air maka proses fotosintesis dan metabolisme terganggu (Mata.2010).

Analisis Kadar Fosfat

Larutan fosfat yang digunakan pada percobaan ini ialah KH_2PO_4 . Hasil pengamatan pengaruh variasi konsentrasi fosfat sebagai media kultur disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Kadar Fosfat

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat pada setiap pengulangan tersebut memiliki hasil pengukuran kadar fosfat yang berbeda, hal ini terjadi karena adanya penambahan fosfat yang diberikan kepada setiap perlakuan dan kontrol. pada gambar dapat dilihat bahwa penurunan yang signifikan terjadi pada H₃-H₉ ditandai dari penurunan kurva. Dari data juga bisa diketahui bahwa konsentrasi yang paling cepat meremediasikan fosfat adalah C2 dengan formulasi alga 150 ml dan fosfat 8 mg/l.

Pengukuran Biomassa *Scenedesmus vacuolatus*

Pengukuran biomassa *S. vacuolatus* dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan *S. vacuolatus* dalam bentuk berat keringnya dan dihitung di awal proses kultur dan akhir proses kultur, perhitungan ini hanya ingin mengetahui seberapa besar perkembangan *S. vacuolatus* dalam jangka waktu 15 hari. Hasil rata-rata perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Biomassa Kultur Mikroalga *S. vacuolatus*

Perlakuan	Berat kering awal kultur	Berat kering akhir kultur
A1	0,0915 g	0,7870 g
A2	0,0913 g	0,8232 g
B1	0,0992 g	0,8156 g
B2	0,0994 g	0,8873 g
C1	0,1023 g	0,9342 g
C2	0,1045 g	1,1813 g

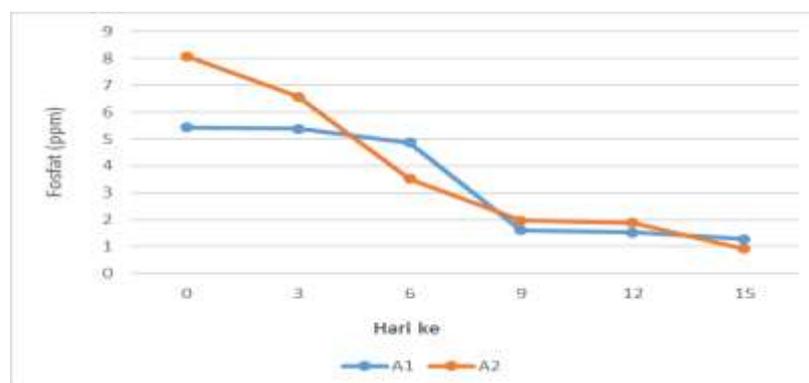
Perhitungan keseluruhan kultur biomassa *S. vacuolatus* pada setiap penyamplingan dapat dilihat pada Lampiran 3. Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa jumlah biomassa *S. vacuolatus* paling tinggi pada perlakuan C2 dan paling rendah pada perlakuan A1. Jumlah kultur biomassa *S. vacuolatus* yang paling tinggi pada perlakuan C2 adalah sebanyak 1,1813 gr/ml.

Pengaruh Konsentrasi Mikroalga dan Konsentrasi Fosfat Terhadap Penurunan Kadar Fosfat

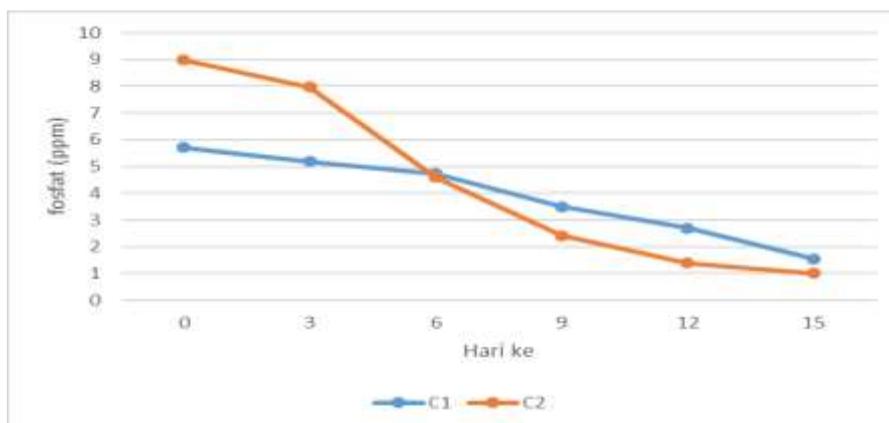
Data yang didapat dari hasil analisis diuji statistik dengan ANOVA *two way*. Hasil pengujian diperoleh hasil pada konsentrasi diperoleh nilai p value (Sig.) sebesar $0,000 < 0,05$. Artinya terdapat perbedaan yang nyata penurunan kadar fosfat berdasarkan konsentrasi. Pada hari pengujian diperoleh nilai p value (Sig.) sebesar $0,000 < 0,05$. Artinya terdapat perbedaan yang nyata penurunan kadar fosfat berdasarkan hari. Kombinasi konsentrasi dengan hari diperoleh nilai p value (Sig.) sebesar $0,008 < 0,05$.

Dari keterangan tersebut terdapat perbedaan yang nyata penurunan kadar fosfat terhadap konsentrasi dan hari. Oleh karena terdapat perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut untuk menentukan dan mengetahui kelompok yang berbeda dengan metode Duncan.

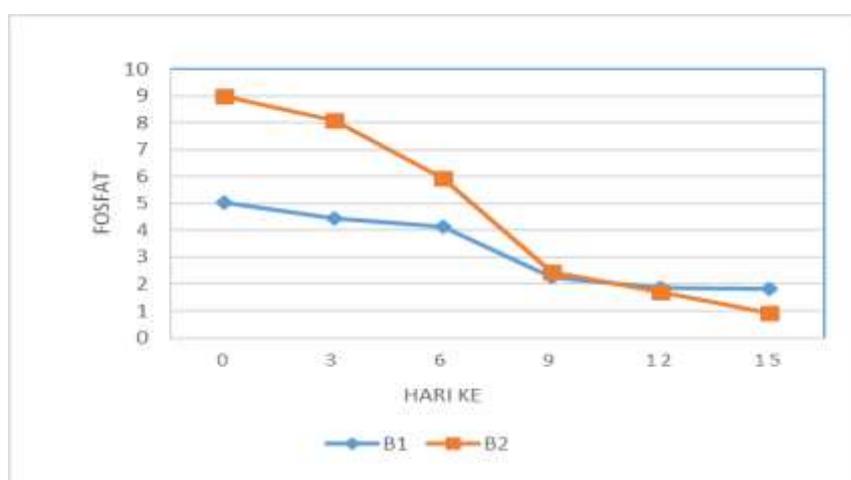
Pada uji lanjut dengan metode Duncan yang telah dilakukan pada konsentrasi alga, konsentrasi fosfat dan hari, ditemukan bahwa A, B1 dan C1 tidak berbeda nyata dalam meremediasikan senyawa fosfat dengan nilai mean -,1.63, -,1.60 dan -,1.57 yang dimana A adalah formulasi alga 5% (50 ml), B dengan formulasi 10% (100 ml) dan C dengan formulasi 15% (150 ml). dalam uji Duncan perbedaan nyata terdapat pada formulasi KH_2PO_4 (1) 5 ppm dan (2) 8 ppm terhadap bioremediasi fosfat, berdasarkan uji lanjut pada A1 berbeda nyata dengan A2 yang dimana mempunyai nilai mean -,80. Pada B1 dan B2 terdapat perbedaan nyata dengan nilai mean -,77 dan pada C1 dan C2 terdapat perbedaan nyata dengan nilai mean -,81. Perbedaan bioremediasi bisa dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Kurva perubahan konsentrasi fosfat A1 dan A2



Gambar 4. Kurva perubahan konsentrasi fosfat B1 dan B2



Gambar 5. Kurva perubahan konsentrasi fosfat C1 dan C2

Pengaruh Konsentrasi Mikroalga Terhadap Penurunan Kadar Fosfat

Dari hasil penelitian ini konsentrasi banyaknya mikroalga tidak berpengaruh terhadap penurunan fosfat. Pada uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test) bahwa konsentrasi mikroalga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap konsentrasi mikroalga lainnya seperti pada A1 terhadap B1, mempunyai perbedaan konsentrasi dan mempunyai nilai mean - ,1.57 yang berarti tidak berbeda nyata.

Pada konsentrasi KH_2PO_4 8 ppm dengan variasi konsentrasi mikroalga juga tidak ditemukan perbedaan nyata, hal ini juga ditemukan pada penelitian Widiatmono, *et al.*, (2018), perlakuan kepadatan rendah dan kepadatan tinggi mikroalga memiliki pola peningkatan kepadatan yang sama sehingga aktifitas

remediasi juga cenderung sama yang disebabkan oleh faktor lain dan membutuhkan penelitian lebih lanjut.

Pengaruh Konsentrasi KH_2PO_4 Terhadap Penurunan Kadar Fosfat

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kultur yang mempunyai kadar fosfat tinggi lebih berwarna hijau gelap (Gambar 3), yang menandakan bahwa kepadatan populasi sel mikroalga lebih tinggi dari kadar fosfat yang dibawahnya. Ketersediaan unsur hara bagi fitoplankton sangatlah penting, dalam penelitian ini juga menunjukkan fosfat dengan kadar yang lebih tinggi membuat pertumbuhan sel mikroalga sangat baik. Selain itu disini menandakan bahwa banyaknya mikroalga tidak berpengaruh terhadap proses penurunan fosfat yang signifikan, ketersediaan unsur

hara seperti fosfat organik maupun anorganik yang paling berpengaruh terhadap penurunan kadar fosfat. Hal ini juga menyebabkan adanya korelasi antara mikroalga dan kadar KH_2PO_4 , yang dimana semakin tinggi konsentrasi fosfat maka seleksi hidup dan kepadatan sel ikut meningkat dan hal ini menyangkut terhadap ketersediaan banyak nya unsur penting bagi pertumbuhan *S. vacuola*

Dalam uji lanjut DMRT juga menghasilkan keterangan bahwa formulasi KH_2PO_4 pada 8 ppm membuat bioremediasi fosfat semakin tinggi. Pada uji lanjut DMRT A2, B2 dan C2 mempunyai formulasi KH_2PO_4 yang sama yaitu 8 ppm dengan hasil tidak berbeda nyata dengan nilai mean -1.63 , -1.60 dan -1.57 . Semakin tinggi kadar fosfat menyebabkan semakin tinggi bioremediasi, menurut Hidayanni *et al.*, (2013), fosfat organik dan anorganik merupakan unsur yang sangat dibutuhkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya. Peningkatan dan pertumbuhan populasi fitoplankton diperairan berhubungan dengan ketersediaan nutrient. Parameter fosfat memiliki peranan yang sangat besar dalam membedakan tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di perairan.

Dari hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian Maisarah (2018), penurunan kadar fosfat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi terutama fosfat anorganik. *Scenedesmus* sp. mampu menggunakan fosfat anorganik secara baik diakibatkan enzim pada *Scenedesmus* sp. mampu memecah dan menyerap fosfat anorganik berupa KH_2PO_4 .

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat terjadi signifikan pada H₉, hal ini diduga disebabkan karena mikroalga *S. vacuolatus* berada pada fase logaritmik oleh tersedianya nutrisi terutama fosfat. Angka penurunan kadar fosfat disebabkan karena nutrient fosfat anorganik berupa KH_2PO_4 dapat digunakan dengan baik guna mendukung perkembangan dan

pertumbuhan sel yang ditunjukkan dengan kurva yang cenderung menurun dari hari ke tiga sampai hari ke sembilan. Selain itu fosfor merupakan komponen asam nukleat dan adenosine trifosfat, yang menjadi dasar sintesis enzim serta sistem transfer energi intraseluler sehingga penyerapan fosfat dibutuhkan dalam sel mikroalga tersebut.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perbedaan konsentrasi *Scenedesmus vacuolatus* yang ditumbuhkan pada air limbah domestik ditemukan berbeda nyata pada taraf perlakuan mikroalga yang berkaitan pada formulasi konsentrasi mikroalga dalam penelitian ini berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar fosfat.

Pada KH_2PO_4 dengan konsentrasi 8 ppm yang paling berpengaruh terhadap penurunan kadar fosfat dibandingkan pada KH_2PO_4 dengan 5 ppm. Adapun perlakuan yang paling tinggi dalam penurunan fosfat yaitu A2, B2 dan C2 dengan formulasi alga yang berbeda dan dengan kadar KH_2PO_4 yang sama yaitu 8 ppm.

Berdasarkan hasil uji two way ANOVA pada label konsentrasi diperoleh nilai p value (Sig.) sebesar $0,000 < 0,05$, artinya terdapat perbedaan yang nyata terhadap penurunan kadar fosfat berdasarkan konsentrasi. Maka dilakukan uji lanjut DMRT yang mempunyai dominansi nilai berbeda nyata pada konsentrasi KH_2PO_4 menghasilkan bahwa A1, B1, C1 dengan A2, B2, C2 mempunyai perbedaan yang nyata terhadap penurunan kadar fosfat.

Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji pengaruh suhu terhadap kultur *Scenedesmus vacuolatus*. Dan juga perlunya dilakukan uji ethogram agar dapat mengetahui faktor-

faktor yang berpengaruh terhadap uji ethogram tidak dilakukan karena penurunan kadar fosfat. Pada penelitian ini kapasitas waktu kerja yang terlalu kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. CBD (*Convention on Biological Diversity*). (2012). *Impacts of Marine debris on Biodiversity*. Current Status and Potential Pollution. CBD Technical Series No.67. Canada.
2. Citrasari, N., N.I. Oktavetri, A. Nuril, Aniwindira. (2012). Analisis laju timbunan dan komposisi sampah di permukiman pesisir Kenjeran Surabaya. *Journal of Biological Research*. Volume 18(1) Pages 83-85.
3. CSIRO. (2014). *Marine debris: Sources, Distribution and Fate of Plastic and Other Refuse – and Its Impact on Ocean and Coastal Wildlife*.
4. Hetherington J., J. Leous., J. Anziano., D. Brockett., A. Cherson., E. Dean., J. Dillon., T. Johnson., M. Littman., N. Lukehart., J. Ombac., K. Reilly., (2005). *The Marine debris Research, Prevention and Reduction Act: A Policy Analysis*. Columbia University New York, New York.
5. NOAA. (2015). *Turning The Tide On Trash. A Learning Guide On Marine debris*. NOAA PIFSC CRED.
6. NOAA. (2016). *Marine debris Impacts on Coastal and Benthic Habitats*. NOAA *Marine debris Habitat Report*.
7. Notoatmodjo S. (2011). *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
8. Renwarin A., O.A.H. Rogi., R.L.E. Sela., (2002). *Studi Identifikasi Sistem Pengelolaan Sampah Permukiman Di Wilayah Pesisir Kota Manado*. *Jurnal. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Sam Ratulangi*. Manado.
9. Rochman, M., C., A. L. Tahir, Susan., Williams., V. Dolores., Baxa., L. Rosalyn., T. Jeffrey., M., T. Foo-Ching., S.Werorilangi and J. Swee., Teh. (2015). *Anthropogenic Debris in Seafood: Plastic Debris and Fibers From Textiles in Fish and Bivalves Sold For Human Consumption*. *Journal. Nature*.
10. Santoso, S. (2014). *Statistik Multivariat, Edisi Revisi, Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. Penerbit PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
11. Sugiyono. (2007). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
12. U.S. EPA (*United States Environmental Protection Agency*), (2009), *Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) Version 7.4*, Office of Research Development National Exposure Research Laboratory Ecosystem Research Division, Athens, GA.
13. Wang J., Z. Tan., Q. Qiu., M. Li., (2016). *The behaviors of microplastics in the marine environment*. Faculty of Chemical Engineering and Light Industry, Guangdong University of Technology, China. Atlas of Science.