

# Penambahan Urea sebagai *Co-Substrat* pada Sistem *High Rate Algae Reactor* (HRAR) untuk Pengolahan Air Limbah Tercemar Minyak Solar

Ayu Syarifa Darwinastwanta, Agus Slamet dan Joni Hermana

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: hermana@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—Kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia semakin meningkat. Peningkatan tersebut mengakibatkan eksplorasi dan pengolahan secara berlebihan. Eksplorasi dan pengolahan berlebihan akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu limbah. Limbah minyak bumi biasanya langsung dibuang ke lingkungan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, misalnya air. Pengolahan limbah menggunakan alga dapat digunakan sebagai pengolahan lanjutan tanpa menimbulkan polusi tambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan urea sebagai *co-substrat* terhadap kinerja *High Rate Algae Reactor* (HRAR) dalam menurunkan kandungan minyak dalam air limbah minyak bumi. Variabel penelitian adalah konsentrasi minyak solar dalam air limbah dan konsentrasi urea yang digunakan. Konsentrasi minyak solar yang dipakai berasal penelitian pendahuluan sebesar 346 ppm dan 692 ppm untuk 18 L alga. Penelitian utama dilakukan dengan menambahkan 3 konsentrasi urea yang berbeda. Penelitian dilakukan selama 14 hari setiap dua hari sekali untuk semua parameter. Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah kandungan *Oil and Grease*, *Chemical Oxygen Demand* (COD), klorofil a, *Dissolved Oxygen* (DO), pH, nitrogen-amonia, temperatur, dan *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS). Dalam penelitian utama, menunjukkan bahwa sistem HRAR dapat mengolah air limbah mengandung minyak solar. Efisiensi penyisihan minyak solar paling optimal oleh sistem HRAR untuk variasi penambahan minyak solar 346 ppm adalah dengan penambahan urea 0,1 gr/L sebesar 83,33% sedangkan untuk variasi penambahan minyak solar 692 ppm menggunakan penambahan urea sebesar 0,3 gr/L sebesar 85,05%.

**Kata Kunci**— alga, *co-substrat*, HRAR, minyak bumi, urea.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar minyak semakin meningkat. Di Indonesia, kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) pada tahun 2007 diperkirakan mencapai 30,4 juta kiloliter (kl) untuk solar dan 33,34 juta kiloliter untuk premium [1]. Peningkatan tersebut mengakibatkan eksplorasi dan pengolahan secara berlebihan. Eksplorasi dan pengolahan minyak ini akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu berupa limbah (residu) [2]. Limbah minyak bumi belum dikelola dan dimanfaatkan secara optimum hingga saat ini. Limbah minyak bumi biasanya langsung dibuang ke lingkungan, yang mengakibatkan pencemaran lingkungan, seperti pencemaran air. Limbah minyak bumi memiliki kadar pencemar antara lain, kadar COD sebesar 933-1.933 mg/L, kadar BOD sebesar 150-250 mg/L, kadar TSS sebesar 52-264 mg/L dan kadar pH sebesar 6,9-7,63, kadar minyak sebesar 204-616 mg/L, kadar ammonia sebesar 21,41-30,48 mg/L [3].

Kultur mikroalga memberikan solusi untuk pengolahan air limbah, karena mikroalga memiliki kemampuan untuk menggunakan nitrogen inorganik dan fosfor untuk pertumbuhannya dan kemampuannya untuk menghilangkan logam berat dan beberapa senyawa organik beracun. Pengolahan lanjutan ini tidak menimbulkan polusi tambahan [4].

Penggunaan alga dalam mengolah air limbah adalah dengan menggunakan sistem *High Rate Algae Reactor* (HRAR). HRAR telah banyak diaplikasikan dalam pengolahan air limbah domestik dan industri. HRAR mengkombinasikan kesederhanaan metode, biaya yang ekonomis dan kemampuan untuk menurunkan bahan organik melalui produksi oksigen dari proses fotosintesis alga [5].

Mikroalga mengkonsumsi nitrogen dalam jumlah besar, fosfat dan CO<sub>2</sub> yang terkonversi menjadi biomassa sehingga membuat spesies ini menarik untuk digunakan sebagai mitigasi CO<sub>2</sub> dan pengurangan polusi dari saluran air bahkan untuk pengurangan zat kimia beracun [6]. Bentuk nitrogen yang disukai oleh alga untuk diuptake adalah ammonia karena menguptake ammonia tidak membutuhkan energy [7]. Pada sebuah penelitian [8], nitrogen dalam bentuk ammonia yang ditambahkan bisa berupa pupuk urea sedangkan pupuk NPK dapat digunakan sebagai nitrogen dalam bentuk nitrat. Penambahan *co-substrat* berupa urea digunakan sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan alga dan bakteri tersebut.

Pada penelitian ini akan dikaji mengenai seberapa besar pengaruh penambahan urea pada sistem HRAR untuk pengolahan air limbah mengandung minyak solar dan konsentrasi optimum kandungan minyak solar pada limbah minyak yang dapat diolah oleh sistem tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini diperlukan alat-alat dan bahan-bahan untuk menunjang keberlangsungan penelitian. Bahan yang dipersiapkan sesuai dengan metode analisis yang digunakan, dimana metode analisis ammonia dengan menggunakan *nesslerization*, metode analisis MLSS dengan *Total Suspended Solid Dried 103-105°C*, metode analisis klorofil-a dengan *Spectrophotometric Determination of Chlorophyll*, dan metode analisis *Oil and Grease* dengan *Soxhlet Extraction Method*.

Pada tahap ini dilakukan pembuatan reaktor HRAR. Reaktor HRAR yang digunakan berupa *sealware* volume 24 L berukuran diameter 39 cm dan tinggi 31 cm sebanyak 8 buah. Pada bagian 10 cm dari bawah *sealware* diberi keran untuk mempermudah dalam pengambilan sampel. Didalam

reaktor dimasukkan pompa *submersible* untuk menghomogenkan sampel.

*Seeding* dilakukan untuk menumbuhkan alga sehingga nantinya dapat diperoleh konsentrasi alga yang diinginkan. Alga yang digunakan berasal dari saluran drainase yang menerima air limbah domestik Kota Surabaya yang telah ada di Jurusan Teknik Lingkungan. *Seeding* yang menggunakan alga biakan laboratorium diberi gula sebagai sumber karbon dan pupuk urea sebagai sumber nutrisinya. Parameter dari hasil *seeding* berupa parameter fisik, yaitu warna hijau alga dan parameter kimia, yaitu rasio C:N:P dan klorofil-a. Kondisi C:N:P ideal pada alga adalah sebesar 100:16:1 [9]. Pada analisis COD:N:P awal, kondisi yang didapat adalah sebesar 100:26,88:1,1 dan klorofil-a sebesar 15,79 mg/L.

Aklimatisasi bertujuan untuk mengkondisikan alga hasil *seeding* dalam kondisi yang sesuai dengan kondisi limbah minyak solar. Aklimatisasi dilakukan setelah proses *seeding* dan didapatkan alga dengan kondisi siap diberi limbah. Konsentrasi solar yang diberikan adalah 0%, 0,05%, 0,1%, 0,15% dan 0,2% [10]. Dari perbandingan tersebut didapat volume minyak solar yang akan digunakan dalam 18 L air alga, yaitu 0, 346 ppm, 692 ppm, 27 mL dan 36 mL. Alga yang digunakan untuk penelitian utama dipilih dari hasil pengecekan pH, MLSS dan klorofil a. MLSS dan klorofil-a akan dipilih persentase penurunan yang paling kecil untuk menandakan konsentrasi minyak solar yang dapat ditolerir oleh alga. Pada pencampuran minyak solar-alga didapat penurunan klorofil-a terkecil adalah 71,43% dan 67,84%, sedangkan penurunan MLSS terkecil adalah 71,43% dan 72,41%. Penurunan tersebut masing-masing berasal dari penambahan konsentrasi minyak solar 346 ppm dan 692 ppm. Pada akhir aklimatisasi, dilakukan analisa C:N:P untuk mempersiapkan kondisi alga untuk penelitian utama.

Penelitian utama dilakukan setelah didapat hasil dari penelitian pendahuluan, yaitu dua kadar optimum solar dimana alga mampu beradaptasi. dengan kondisi limbah minyak solar. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, alga mampu beradaptasi lebih baik pada kadar minyak solar 346 ppm dan 692 ppm. Hal tersebut dilihat dari seberapa besar penurunan klorofil a dan MLSS setelah ditambahkan minyak solar.

Penelitian utama dimulai dengan membagi dua reaktor berisi campuran solar-alga dari penelitian sebelumnya sebesar 346 ppm dan 692 ppm dalam masing-masing 4 reaktor kosong. Reaktor akan berisi alga yang telah beradaptasi dengan solar sebanyak ± 3 L. Selain campuran solar-alga, pada reaktor ditambahkan alga baru sebanyak ± 6 L dan sisanya aquades hingga volume 18 L. Setelah itu, penelitian utama ini akan berlangsung selama 14 hari untuk *running* ke-1 dan 14 hari lagi pada *running* ke-2. Pada *running* ke-1, analisa yang dilakukan adalah untuk semua parameter yaitu COD, MLSS, amonia, DO, klorofil a, kandungan *Oil and Grease*, pH dan suhu. *Running* ke-2 dilakukan untuk melihat apakah sistem HRAR dapat kembali normal setelah penambahan minyak solar. Pada *running* ke-2, analisa hanya dilakukan untuk parameter COD, klorofil a dan pH.

Analisis dilakukan terhadap data-data yang diperoleh saat pelaksanaan penelitian. Analisis dilakukan terhadap parameter-parameter yang diukur. Dari hasil penelitian

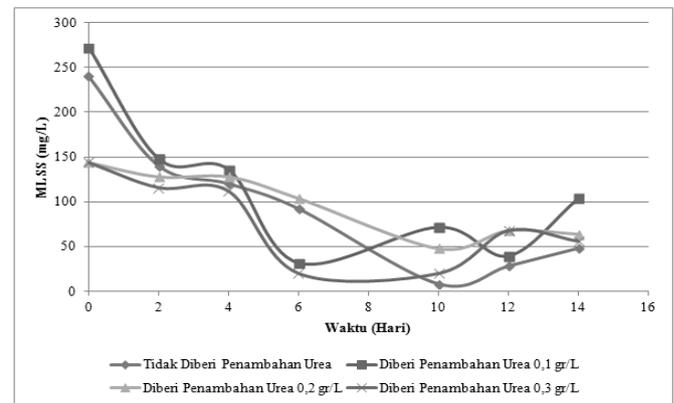
tersebutm dapat dibuat suatu kesimpulan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Efek Urea sebagai Co-Substrat pada Dinamika Konsentrasi MLSS

Analisis MLSS dilakukan untuk mengetahui total berat tersuspensi dalam bentuk padatan dari alga, bakteri serta komponen lain yang tidak tervolatil.

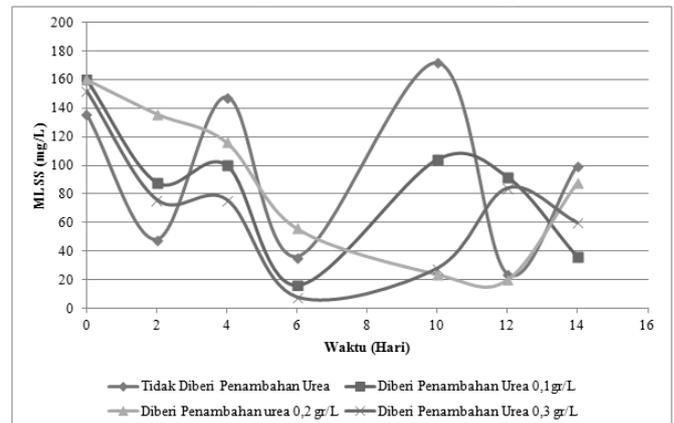
Dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2, grafik MLSS dengan variasi penambahan minyak solar 346 ppm dan 692 ppm. Gambar 1 dan 2 menjelaskan, pada hari ke-0, MLSS pada semua reaktor dimulai dari range 144 - 272 mg/L. Tren grafik menunjukkan bahwa MLSS mengalami penurunan. Pada hari 0-2 semua reaktor mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal itu memungkinkan karena beban pencemar yang terlalu besar, sehingga menyebabkan *shock* terhadap mikroorganisme yang terkandung di dalam reaktor.



Gambar. 1. Nilai MLSS Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 346 ppm

Penurunan MLSS terbesar terjadi pada penambahan urea 0,1 gr/L. Rata-rata penurunan MLSS pada reaktor minyak solar dengan penambahan 0,1 gr/L sebesar 80 mg/L hingga hari ke-6. Perubahan mulai terjadi pada hari ke 10, dimana MLSS mulai meningkat menjadi 72 mg/L.

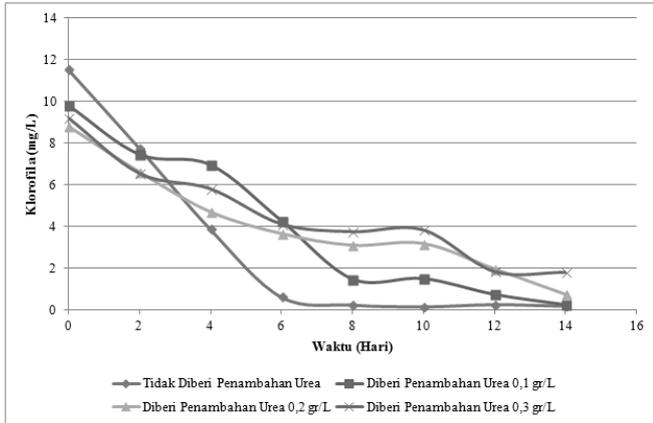
Hal yang berbeda terjadi pada variasi penambahan minyak solar 692 ppm. Hasil analisis MLSS dapat dilihat pada Gambar 2, menunjukkan hasil yang fluktuatif. Hari ke-0 menunjukkan MLSS dikisaran 136-160 mg/L. Pada hari ke-2, MLSS mengalami penurunan seperti yang dialami variabel minyak solar 346 ppm. Hal ini mungkin disebabkan adanya *shock loading* pada mikroorganisme setelah penambahan kadar minyak solar sebesar 692 ppm.



Gambar. 2. Nilai MLSS Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 692 ppm

**B. Efek Urea sebagai Co-Substrat pada Dinamika Konsentrasi Klorofil-a**

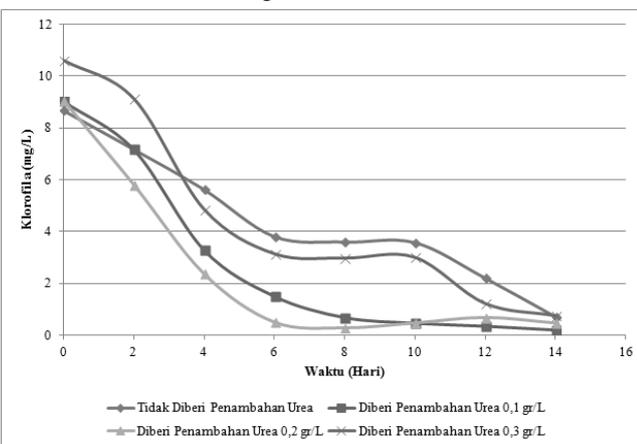
Klorofil-a pada alga menunjukkan terjadinya proses fotosintesis [11]. Berdasarkan nilai konsentrasi klorofil-a, dapat dilihat juga tren pertumbuhan alga.



Gambar. 3. Nilai Klorofil-A Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 346 ppm

Dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4, grafik klorofil-a dengan variasi penambahan minyak solar 346 ppm; 692 ppm. Berdasarkan kedua grafik, menunjukkan penurunan yang signifikan pada klorofil-a setelah pemberian minyak solar. Pada variasi penambahan minyak solar 346 ppm, range penurunan klorofil-a berkisar antara 2,19-3,77 mg/L. Penurunan yang sangat signifikan terjadi pada reaktor tanpa pemberian urea di hari ke-2, yaitu sebesar 3,77 mg/L. Reaktor tanpa pemberian urea mengalami penurunan klorofil a rata-rata sebesar 2,27 mg.L. Dapat dilihat bahwa tanpa pemberian urea, klorofil-a mengalami penurunan yang lebih besar dari reaktor lainnya. Hal ini menunjukkan nitrogen yang terkandung pada urea merupakan elemen terpenting dalam pembentukan klorofil [12].

Variasi penambahan minyak solar 692 ppm menyebabkan penurunan klorofil pada hari ke-2 untuk semua reaktor. Pada hari ke-0, klorofil-a pada semua reaktor berkisar antara 8,67-10,60 mg/L. Sampai hari ke-14, reaktor tanpa pemberian urea rata-rata mengalami penurunan klorofil a sebesar 1,14 mg/L.



Gambar. 4. Nilai Klorofil-A Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 692 ppm

Reaktor dengan penambahan urea 0,1 gr/L mengalami penurunan rata-rata sebesar 1,26 mg/L. Reaktor urea 0,2 gr/L mengalami penurunan rata-rata sebesar 1,79. Terakhir,

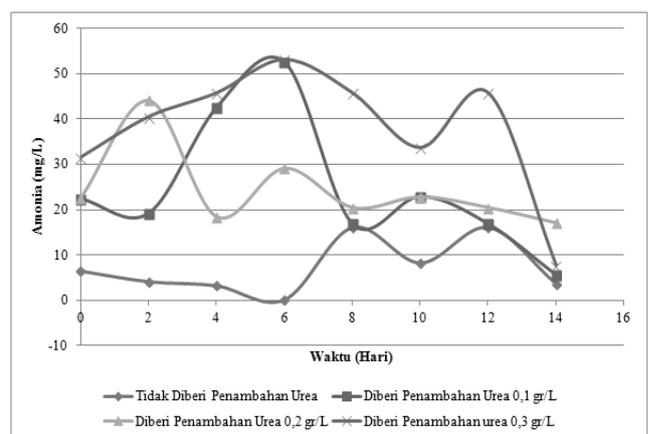
untuk reaktor urea 0,3 gr/L terjadi penurunan klorofil-a, rata-rata sebesar 1,65 mg/L. Hasil ini berbanding terbalik dengan hasil pada variasi penambahan minyak solar 346 ppm, dimana dengan variasi penambahan minyak solar 692 ppm tanpa penambahan urea, klorofil-a mengalami penurunan rata-rata yang terkecil. Hal ini disebabkan, dengan konsentrasi minyak solar 692 ppm dan tidak adanya penambahan urea, menyebabkan pH dalam reaktor dalam kondisi stabil. Penambahan urea yang terlalu berlebih dapat menyebabkan pengasaman dan membuat pertumbuhan alga terganggu atau menyebabkan penurunan yang signifikan [13].

Berdasarkan penelitian dengan masing-masing variabel, batasan optimum dalam variasi penambahan minyak solar 346 ppm dalam pertumbuhan alga adalah reaktor dengan penambahan urea 0,2 gr/L. Sedangkan untuk variasi minyak solar 692 ppm, reaktor dengan penambahan urea sebesar 2 gram, yaitu reaktor penambahan urea 0,1 gr/L memiliki tingkat penurunan laju kematian alga yang rendah.

**C. Efek Urea sebagai Co-Substrat pada Dinamika Konsentrasi Ammonia**

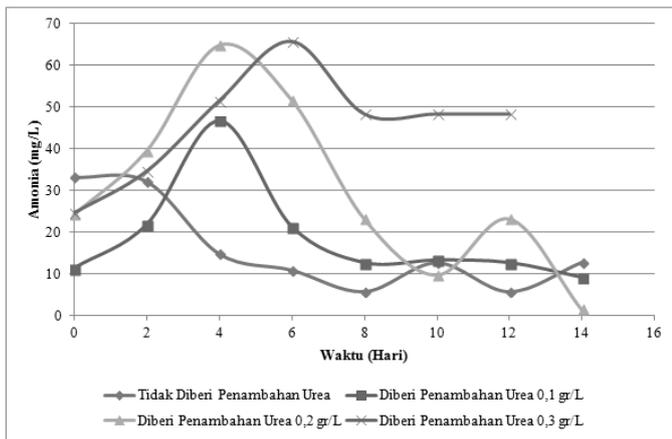
Amonium dimanfaatkan oleh alga dalam media tumbuhnya sehingga diperlukan analisis amonia [14]. Amonia merupakan senyawa yang apabila terlarut dalam air akan membentuk ion ammonium. Analisis ammonia dilakukan setiap dua hari sekali dengan pengambilan sampel pada pukul 08.00. Grafik amonia dengan variasi penambahan minyak solar 346 ppm; 692 ppm dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

Amonia pada variasi penambahan minyak solar 346 ppm pada hari ke-0 berkisar antara 6,42-33,12 mg/L. Amonia paling kecil yaitu 6,42 mg/L karena tidak dilakukan penambahan urea. Kadar amonia tertinggi sebesar 31,57 mg/L pada reaktor dengan penambahan urea 0,3 gr/L. Kadar amonia mengalami fluktuasi, contohnya pada reaktor urea 0,3 gr/L, pada hari ke-0, memiliki kadar amonia sebesar 31,57 mg/L dan pada hari ke-6 mengalami peningkatan tertinggi sebesar 53,11 mg/L.



Gambar. 5. Nilai Amonia Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 346 ppm

Reaktor urea 0,1 gr/L mengalami peningkatan tertinggi sebesar 52,56 mg/L. Secara keseluruhan dari hari ke-0 hingga hari ke-14, amonia pada alga mengalami penurunan. Hasil akhir amonia pada hari ke-14 terukur diantara range 3,63 mg/L-17,10 mg/L. Penurunan amonia terjadi karena uptake alga terhadap ammonium.



Gambar. 6. Nilai Amonia Pada Reaktor Dengan Variasi Penambahan Minyak Solar 692 ppm

Berdasarkan Gambar 6, amonia pada variasi penambahan minyak solar 692 ppm pada hari ke-0 dimulai pada range 11,32 mg/L-33,12 mg/L. Pada reaktor tanpa penambahan urea, amonia terukur pada hari ke-0, lebih tinggi dari pada reaktor lainnya. Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan dalam reaktor. Pada hari ke 4, reaktor urea 0,2 gr/L memiliki kadar amonia tinggi sebesar 64,67 mg/L. Hal ini mengindikasikan, banyaknya alga yang mati sehingga amonia tidak *teruptake*. Namun, setelah hari ke-6, amonia mengalami penurunan hingga pada hari ke-14, kadar amonia tersisa 1,44 mg/L. Tren menunjukkan dengan variasi penambahan minyak solar 346 ppm dan 692 ppm, kadar amonia pada masing-masing reaktor mengalami penurunan. Hal ini bisa disebabkan oleh terjadinya proses nitrifikasi.

D. Efek Urea sebagai Co-Substrat pada Penurunan Oil and Grease

Hasil dari analisis minyak masih belum bisa dicantumkan karena perlu diadakan penelitian kembali. Analisis minyak menggunakan metode *Gas Chromatography* digantikan dengan metode *Oil and Grease* karena beberapa kendala. Analisa *Oil and Grease* dilakukan dengan metode *Soxhlet Extraction Method* [15]. Pengambilan sampel dilakukan pada awal dan akhir penelitian sebanyak 200 ml. Didapatkan efisiensi removal minyak solar menggunakan sistem HRAR dengan penambahan urea. Efisiensi removal minyak solar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Removal Minyak Solar

Konsentrasi	Efisiensi Removal (%)
Minyak solar 346 ppm	81,50
Minyak solar 346 ppm + 0,1 gr/L	83,33
Minyak solar 346 ppm + 0,2 gr/L	67,72
Minyak solar 346 ppm + 0,3 gr/L	72,33
Minyak solar 692 ppm	82,41
Minyak solar 692 ppm + 0,1 gr/L	80,40
Minyak solar 692 ppm + 0,2 gr/L	81,91
Minyak solar 692 ppm + 0,3 gr/L	85,05

Berdasarkan Tabel 1, pada variasi minyak solar 346 ppm dengan penambahan urea 0,1 gr/L, didapat efisiensi

removal minyak solar sebesar 83,33%. Sedangkan dengan penambahan urea 0,2 gr/L didapat efisiensi sebesar 67,72% dan penambahan urea 0,3 gr/L, efisiensi removal mencapai 72,33. Dari hasil yang diperoleh, pemberian urea 0,2gr/L dan 0,3 gr/L pada variasi minyak 346 ppm tidak memberikan hasil yang optimal dalam penurunan minyak solar.

Pada variasi penambahan minyak solar 692 ppm, dapat dilihat efisiensi removal minyak solar terbesar adalah 85,05% dengan penambahan urea 0,3 gr/L. Dapat disimpulkan dari hasil yang diperoleh, dengan semakin tingginya kadar minyak solar yang diberikan, pemberian urea yang besar juga akan mempengaruhi kinerja bakteri dalam mendegradasi minyak solar.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa proses *High Rate Algae Reactor* ini mampu menyisihkan konsentrasi minyak solar. Efisiensi penyisihan minyak solar paling optimal oleh sistem HRAR untuk variasi penambahan minyak solar 346 ppm adalah dengan penambahan urea 0,1 gr/L sebesar 83,33% sedangkan untuk variasi penambahan minyak solar 692 ppm menggunakan penambahan urea sebesar 0,3 gr/L sebesar 85,05%. Penambahan urea memberikan pengaruh dalam menyisihkan konsentrasi minyak solar. Semakin besar konsentrasi minyak solar yang digunakan, urea yang ditambahkan juga cukup besar untuk mendapatkan efisiensi penyisihan konsentrasi minyak solar yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali, E. (2008). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta : PT. Agromedia Pustaka.
- [2] Zam, I. (2011). *Bioremediasi Tanah Yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro Pada Konsentrasi pH Berbeda*. Jurnal Agroteknologi. 1 : 1-8.
- [3] Widjaja, T., Sunarko, L. (2007). *Pengaruh Perbandingan Nutrisi Terhadap Pengolahan Minyak Secara Biologis Dengan Bakteri Mixed-Culture*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia. 6:755-762.
- [4] Raouf, A.N. (2012). *Microalgae and Wastewater Treatment*. Saudi Journal of Biological Sciences.
- [5] Mihalyfalvy, E., Johnston, H. T., Gareth, M. K., Fallowfield, H. J., Cromar, N. J. (1998). *Improved Mixing Of High Rate Algal Ponds*. Water Research. 32: (4) 1334-1337
- [6] Park, JBK., Craggs, RG. (2011). *Wastewater Treatment High Rate Algae Ponds for Biofuel Production*. Bioresource Technology. 102: 35-42.
- [7] Sigeo, D. (2005). *Freshwater Microbiology*. England: John Wiley and Sons, Ltd.
- [8] Setoaji, L. (2013). *Pengaruh Aerasi dan Sumber Nutrien terhadap Kemampuan Alga Filum Chlorophyta dalam Menyerap Karbon (Carbon Sink) untuk Mengurangi Emisi CO2 di Kawasan Perkotaan*. Jurnal Teknik POMITS. 2:1-5.
- [9] Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A. (1963). *The Influence of Organisms on the Composition of Sea Water*. New York : Interscience.
- [10] Al-Baldawi, I.A., Abdullah, S.R.S., Suja, F., Anuar, N., Mushrifah, Idris. (2013). *Effect of Aeration on Hydrocarbon Phytoremediation Capability in Pilot Sub-surface Flow Constructed Wetland Operation*. Ecological Engineering. 61:496-500.
- [11] APHA. (2005). *Standard Method For Examination Of Water And Wastewater*. American Water Work Association, Water Environment Federation.
- [12] Riyono, S.M. (2007). *Beberapa Sifat Umum Dari Klorofil Fitoplankton*. Oseana Vol.32. 1:23-31.
- [13] Alamsjah, M.A, Hirao, S., Ishibashi, F., Oda, T., Fujita, Y. (2009) *Algicidal Activity Of Polyunsaturated Fatty Acids Derived From*

*Ulva Fasciata* And *U. Pertusa* (Ulvaceae, Chlorophyta) On Phytoplankton. *Developments in Applied Phycology*. 2: 263–270.

- [14] Yonas, R., Irzandi, U., Satriadi, H. (2012). *Pengolahan Limbah POME (Palm Oil Mill Effluent) dengan Menggunakan Mikroalga*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1: 1-7.
- [15] APHA. (1998). *Standard Method For Examination Of Water And Wastewater*. American Water Work Association, Water Environment Federation.