

## KOMUNITAS ALGA PERIFITON PADA AIR YANG TERCEMAR HERBISIDA ASAM 2,4-DIKLOROFENOKSIASETAT

Andis Selviandari<sup>1</sup>, Sucahyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Jalan Diponegoro No. 52 – 60, Salatiga

E-mail korespondensi : andisselviandari@gmail.com

**Abstrak :** Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) merupakan senyawa kimia yang digunakan dalam herbisida untuk mengatasi gulma tanaman berdaun lebar. Penggunaan herbisida dalam pertanian berpotensi menghasilkan residu di lingkungan dan memungkinkan masuknya residu herbisida ke dalam ekosistem akuatik. Masuknya residu ke dalam ekosistem akuatik akan berpengaruh terhadap organisme non target seperti alga perifiton. Alga perifiton memiliki peran penting sebagai produsen primer dominan penghasil oksigen dalam ekosistem akuatik. Selain itu juga merupakan bioindikator tentang kondisi lingkungan karena persebarannya yang luas dan tidak dapat berpindah tempat. Selain itu alga perifiton berkontribusi terhadap keanekaragaman ekosistem akuatik karena kekayaan spesiesnya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh herbisida 2,4-D terhadap komunitas alga perifiton dilihat dari jumlah kandungan klorofil-a, kekayaan spesies, kepadatan, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi alga perifiton. Media pertumbuhan alga perifiton yang digunakan adalah air Rawa Pening yang diperkaya dengan pupuk daun dan ditumbuhkan dalam akuarium. Konsentrasi 2,4-D 0 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 mg/l ditambahkan ke dalam media pertumbuhan dan disinari dengan lampu 1,522 lux. Gelas benda sebagai substrat pertumbuhan diletakkan di dasar akuarium. Gelas benda diamati pada hari ke 7 dan ke 14 setelah perlakuan. Parameter yang akan diukur dalam penelitian adalah jumlah klorofil-a, kekayaan spesies, kepadatan, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi alga perifiton. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis secara deskriptif dan analisis sidik ragam satu arah (*One Way ANOVA*) dengan taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh konsentrasi 2,4-D terhadap parameter yang diukur. Hasil penelitian menunjukkan adanya efek interaksi antara konsentrasi 2,4-D dan lamanya waktu paparan terhadap jumlah kandungan klorofil-a, kepadatan, indeks kekayaan dan indeks dominansi alga perifiton ( $p < 0.05$ ). Pada setiap perlakuan cenderung terjadi kenaikan jumlah total spesies dan klorofil-a dari hari ke 7 sampai hari ke 14. Jumlah total spesies dan klorofil-a tertinggi terdapat pada perlakuan 60 mg/l dan terendah pada perlakuan 100 mg/l.

**Kata kunci :** 2,4-D, Herbisida, alga perifiton, komunitas perifiton

### 1. PENDAHULUAN

Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) merupakan senyawa kimia yang biasanya digunakan dalam herbisida untuk membasmi gulma berdaun lebar (EPA, 2005). Selain itu senyawa tersebut juga digunakan sebagai regulator pertumbuhan pada tanaman. Herbisida dengan bahan aktif 2,4-D banyak digunakan dalam bidang pertanian dalam bentuk garam amine (*Dimethylamine*) dengan presentase penggunaan sebesar 90 – 95 % (Cox, 1999).

Penggunaan herbisida yang berlebih pada lahan pertanian maupun non pertanian berpotensi menghasilkan residu. Residu yang berlebih akan menimbulkan dampak pada lingkungan baik lingkungan sekitar aplikasi maupun hingga lingkungan perairan. Masuknya residu herbisida ke dalam perairan dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung misalnya digunakan untuk membasmi gulma perairan, sedangkan secara tidak langsung dengan melalui aliran air permukaan tanah atau saluran irigasi, hujan, angin dan agen lainnya (Magallona, 1994). Masuknya herbisida ke dalam lingkungan perairan tentunya akan mempengaruhi

ekosistem perairan dan mempengaruhi organisme non target. Organisme non target yang mungkin terpengaruh adalah alga perifiton yang merupakan organisme akuatik (Qian dkk, 2009).

Alga perifiton merupakan kelompok alga yang hidup pada wilayah perairan menempel pada substrat dan merupakan produsen primer dominan sebagai penghasil oksigen (Rashid dkk, 2013). Alga perifiton adalah salah satu bioindikator karena persebarannya yang luas dan tidak dapat berpindah tempat. Alga perifiton juga berkontribusi terhadap keanekaragaman ekosistem akuatik karena kekayaan spesiesnya (França dkk, 2011). Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai efek 2,4-D terhadap beberapa spesies alga. Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Purwitasari dkk (2012), dalam penelitiannya Purwanti menggunakan *Nannochloropsis oculata* yang diberi paparan 2,4-D. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4 D kurang dari 4 mg/l 2,4 D sampai 6 mg/l meningkatkan pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*, sedangkan pada konsentrasi di atas 6 mg/l terjadi penurunan pertumbuhan pada *Nannochloropsis oculata*. Penelitian lain dilakukan oleh Lembi dan Coleridge (1975) dengan menggunakan *Scenedesmus*, *Ankistrodemus* dan *Pediastrum* yang diberi konsentrasi 2,4 D 110 mg/l dan 220 mg/l. Setelah 14 hari diketahui bahwa terjadi penurunan jumlah sel pada kedua perlakuan. Penelitian lain juga dilakukan oleh Wong (2000) menggunakan *Scenedesmus quadricauda* Berb 614. Hasil Penelitian Wong (2000) menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4 D 0,02 ; 0,2 ; dan 2 mg/l tidak bersifat toksik untuk alga, dan justru meningkatkan pertumbuhan, fotosintesis, dan klorofil-a. Seluruh alga perifiton memiliki klorofil-a yang berperan dalam proses fotosintesis. Sedangkan konsentrasi 200 mg/l menghambat pertumbuhan total *Scenedesmus quadricauda* Berb 614 (Wong, 2000).

Penggunaan herbisida dengan bahan aktif 2,4 D yang terus menerus setiap hari akan menimbulkan akumulasi yang berlebih pada ekosistem perairan dan menimbulkan efek khususnya bagi alga perifiton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh herbisida 2,4 D terhadap kandungan klorofil-a, kekayaan spesies, kepadatan, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi alga perifiton.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2016 bertempat di Laboratorium Ekologi Dasar, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan perlakuan konsentrasi 2,4-D 0 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 mg/l. Media pertumbuhan alga perifiton menggunakan air yang diambil dari Rawa Pening. Media pertumbuhan kemudian diletakkan dalam akuarium (25 × 16 × 17,5 cm dengan volume 6,8 L) ditambah dengan pupuk daun 0,6 mg/l. Alga perifiton ditumbuhkan pada substrat kaca (gelas benda) yang diletakkan pada dasar akuarium dengan kemiringan 45<sup>0</sup>. Perlakuan dilaksanakan selama 14 hari, dan selama itu media dipapari dengan 2 buah lampu 40 watt (1.522 lux). Jarak antara lampu dengan permukaan air yaitu 30 cm. Pengambilan substrat kaca dilakukan pada hari ke – 7 dan pada hari ke – 14.

### Pengukuran Jumlah Klorofil-a

Pengukuran jumlah klorofil-a dilakukan dengan menggunakan metode Schwoerbel (1972) yang telah dimodifikasi jumlah pengambilan sampel dan volume aseton yang digunakan. Alga perifiton yang telah ditumbuhkan dalam substrat kaca pada hari ke – 7 dan hari ke – 14 diuapkan dalam *waterbath* untuk merusak klorofilasenyanya pada suhu 80<sup>0</sup> C selama 45 detik. Kemudian dikering-anginkan dan diletakkan ke dalam cawan petri, lalu diberi aseton 90% sebanyak 25 ml. Setelah itu disimpan dalam suhu 4<sup>0</sup> C dengan kondisi gelap selama 20 jam. Kandungan klorofil yang terlarut pada aseton diukur dengan menggunakan Spektrofotometer (SHIMADZU UV-Vis Spektrofotometer 1201) pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 664 nm, 647 nm, dan 630 nm. Penentuan jumlah klorofil-a (mg/l) dihitung dengan menggunakan rumus Price dkk (1998) :

$$y = 11,85 D_{664} - 1,54 D_{647} - 0,08 D_{630}$$

Keterangan :

y : jumlah klorofil-a (mg/l)

$D_{664}$  : nilai absorbansi pada  $\lambda$  664

$D_{647}$  : nilai absorbansi pada  $\lambda$  647

$D_{630}$  : nilai absorbansi pada  $\lambda$  630

$$Z = \frac{Y \times V}{L}$$

Keterangan :

Z : kandungan klorofil per area contoh

Y : kandungan klorofil (mg/l)

V : volume aseton (L)

L : luas area contoh (m<sup>2</sup>)

### Identifikasi Alga Perifiton

Identifikasi alga perifiton dilakukan dengan pengamatan mikroskop dan buku acuan yang digunakan dalam identifikasi yaitu Streble dan Krauter (1974), Timotius dkk (1979), dan van Heurck (1984). Setelah dilakukan identifikasi kemudian hasil yang diperoleh digunakan untuk menghitung indeks kepadatan, indeks keanekaragaman, indeks dominansi, dan indeks kekayaan.

Indeks kepadatan dihitung dengan menggunakan rumus Smith (1950) ;

$$Jl = \frac{Pi}{5 \times A \times 3}$$

Keterangan :

Jl : jumlah individu per mm<sup>2</sup>

Pi : jumlah total individu yang telah diidentifikasi

5 : jumlah bidang pandang mikroskop

A : luas bidang pandang mikroskop (0,786 mm<sup>2</sup>)

3 : Jumlah ulangan

Indeks Keanekaragaman dihitung dengan menggunakan rumus *Shannon index of general diversity* (Odum, 1971) :

$$H' = - \sum Pi \ln Pi$$

Keterangan :

H' : indeks keanekaragaman

Pi :  $\frac{ni}{N}$

ni : jumlah individu jenis ke-i

N : jumlah total individu

Indeks dominansi diestimasi dengan menggunakan persamaan Simpson (1949) dalam Odum (1971) :

$$C = \sum (pi)^2$$

Keterangan :

C : indeks dominansi

Pi :  $\frac{ni}{N}$

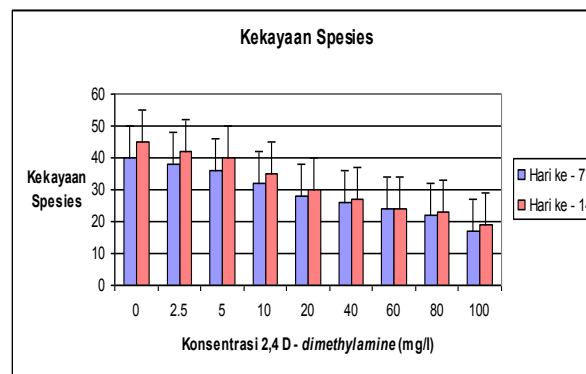
ni : jumlah individu jenis ke-i

N : jumlah total individu

Indeks kekayaan spesies dilihat berdasarkan jumlah total spesies dalam suatu komunitas (Brown dkk, 2007).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan 79 jenis alga perifiton, dan yang paling banyak ditemukan merupakan jenis dari kelas *Bacillariophyceae*. Kelas *Bacillariophyceae* merupakan kelas terbesar penyusun komunitas alga perifiton pada setiap perlakuan. Kelas *Bacillariophyceae* memiliki sifat kosmopolitan serta memiliki kemampuan toleransi dan daya adaptasi tinggi. Hal ini dikarenakan kelas *Bacillariophyceae* mampu menyesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar dibandingkan dengan kelas lainnya (Hasanah, 2013). Banyaknya jenis alga perifiton yang ditemukan pada setiap perlakuan kemudian digunakan untuk menghitung nilai indeks kekayaan. Berdasarkan analisis statistik diketahui bahwa konsentrasi 2,4-D dan lamanya waktu paparan berpengaruh secara signifikan terhadap nilai indeks kekayaan. Gambar 3 menunjukkan rata – rata nilai indeks kekayaan pada setiap perlakuan hari ke – 7 dan hari ke -14.

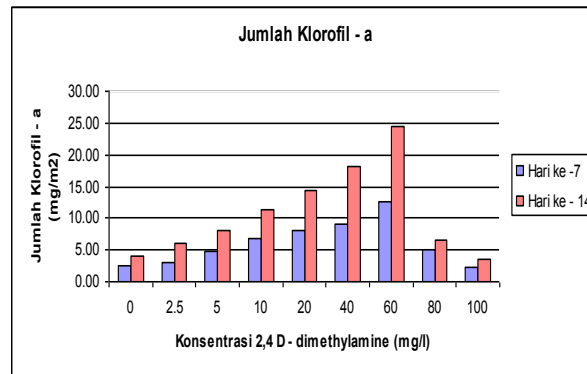


**Gambar 1.** Rata – rata Nilai Indeks Kekayaan Alga Perifiton Hari ke-7 dan Hari ke-14.

Berdasarkan grafik terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi 2,4-D yang diberikan nilai indeks kekayaan semakin menurun. Namun semakin lama paparan nilai indeks kekayaan semakin meningkat, meskipun peningkatan yang terjadi kecil dan pada perlakuan dengan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l nilai indeks kekayaannya sama pada hari ke-7 dan hari ke-14. Menurunnya nilai indeks kekayaan pada perlakuan dengan paparan 2,4-D menunjukkan bahwa 2,4-D merupakan gangguan dari faktor kimia (Indriani, 2009). Hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai indeks kekayaan pada kontrol dan menurunnya indeks kekayaan seiring bertambahnya konsentrasi 2,4-D. Adanya gangguan faktor kimia menyebabkan hanya beberapa spesies saja yang dapat bertahan, sehingga jenis yang ditemukan dalam perlakuan semakin sedikit seiring dengan bertambahnya konsentrasi 2,4-D.

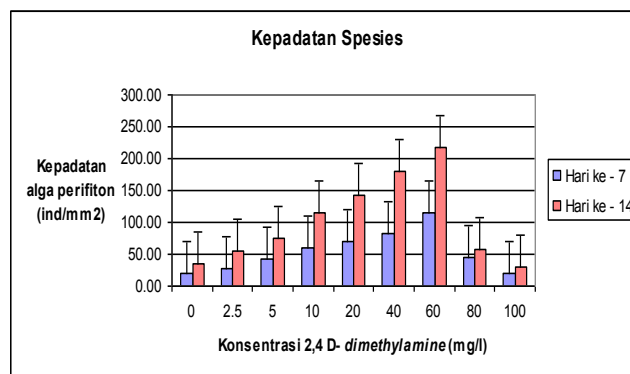
#### a. Pengukuran Jumlah Klorofil-a dan Penghitungan Indeks Kepadatan

Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat pengaruh signifikan antara konsentrasi 2,4-D dan lamanya paparan terhadap jumlah klorofil-a ( $p < 0,05$ ). Berdasarkan grafik (gambar 1) dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan klorofil-a pada perlakuan paparan dengan konsentrasi 2,4-D 0 – 60 mg/l, dan jumlah klorofil-a mulai turun pada perlakuan dengan paparan konsentrasi 2,4-D 80 – 100 mg/l. Pola yang sama juga terlihat pada grafik nilai kepadatan alga perifiton pada gambar 2.



**Gambar 2.** Rata – rata jumlah klorofil-a alga perifiton pada hari ke-7 dan hari ke-14.

Analisis statistik menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4-D berpengaruh signifikan terhadap nilai indeks kepadatan ( $p < 0,05$ ). Dilihat berdasarkan grafik (gambar 2) nilai kepadatan alga perifiton juga mengalami peningkatan pada konsentrasi 0 - 60 mg/l, dan mengalami penurunan nilai kepadatan pada konsentrasi 80 – 100 mg/l. Semakin lama paparan juga mempengaruhi klorofil-a dan nilai kepadatan alga perifiton. Terjadi peningkatan jumlah klorofil-a dan nilai kepadatan pada hari ke-14.



**Gambar 3.** Rata – rata nilai kepadatan hari ke-7 dan hari ke-14.

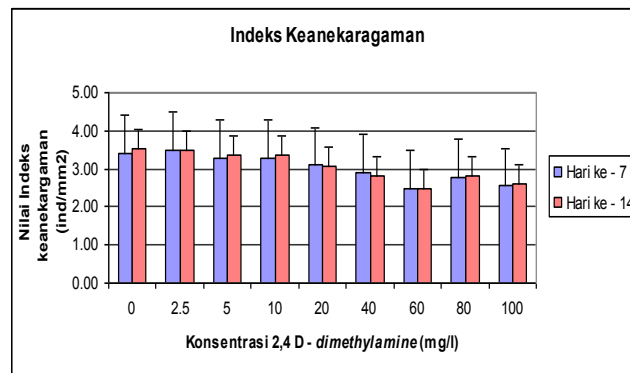
Meskipun terjadi peningkatan dari hari ke-7 sampai hari ke-14 pada keseluruhan perlakuan, namun peningkatan tertinggi baik jumlah klorofil-a maupun nilai kepadatan terjadi pada perlakuan paparan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l. Rata – rata jumlah klorofil-a pada perlakuan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l meningkat dari 12,535 mg/m<sup>2</sup> pada hari ke-7 menjadi 24,387 mg/m<sup>2</sup> pada hari ke-14, sedangkan rata – rata nilai kepadatan pada perlakuan konsentrasi 2,4-D dari 114,08 ind/mm<sup>2</sup> pada hari ke-7 meningkat menjadi 217,73 ind/mm<sup>2</sup>. Kesamaan pola pada klorofil-a dan nilai kepadatan dikarenakan kepadatan mempengaruhi jumlah klorofil-a, sebab setiap individu akan membawa klorofil-a. Semakin tinggi kepadatan alga perifiton semakin tinggi pula jumlah klorofil-a. Kepadatan alga perifiton berkorelasi dengan klorofil-a, biomassa perifiton, dan total karbon organik (Mieczan, 2010). Menurut Chai dan Chung (1975) dalam konsentrasi rendah 2,4-D dapat meningkatkan pertumbuhan beberapa spesies alga, namun dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan. Hal yang sama juga dibuktikan Wong (2000) pada *Scenedesmus quadricauda*. Pada penelitiannya Wong menggunakan konsentrasi 2,4-D 0,02 – 400 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan klorofil-a pada konsentrasi 0,02 – 0,2 mg/l, dan terjadi penurunan jumlah klorofil-a pada konsentrasi 20 mg/l, dan pertumbuhan pada *Scenedesmus quadricauda* terhambat total pada konsentrasi 200 mg/l. Terjadinya penurunan pada konsentrasi 2,4-D 80 dan 100 mg/l diduga terlalu tinggi bagi beberapa alga perifiton dan menjadi hambatan pada pertumbuhan. Hal ini menyebabkan hanya beberapa spesies saja yang dapat bertahan dan tumbuh pada konsentrasi tersebut.

2,4-D yang merupakan sintesis auksin dapat mempengaruhi pertumbuhan pada alga dengan sintesis DNA dan mempengaruhi pembelahan sel (Skoog, 1954 dalam Jyothi, 2016). Merangsang pertumbuhan dengan meningkatkan klorofil-a, protein, dan karbohidrat dibandingkan pada kontrol yang tanpa 2,4-D (Dodge, 1975). 2,4-D akan menempel pada membrane sel dan mengubah aliran nutrisi untuk mengalihkan rangsangan enzim yang menyebabkan sintesis pigmen fotosintesis (Rivera dan Rener, 1979). Penghambatan pertumbuhan yang

terjadi dikaitkan dengan efek toksik dari 2,4-D yang menyebabkan keracunan dalam sel yang mempengaruhi pertumbuhan dan fotosintesis. Pada konsentrasi yang tinggi 2,4-D tidak hanya menempel pada membrane sel, namun juga menempel pada beberapa bagian di dalam sel. Begitu bio-konsentrasi herbisida menumpuk di dalam sel maka hal tersebut akan mempengaruhi berbagai jalur metabolisme dan akhirnya menyebabkan kerusakan sel dan kematian organisme (Jyothi, 2016).

### b. Penghitungan Indeks Keanekaragaman dan Indeks Dominansi

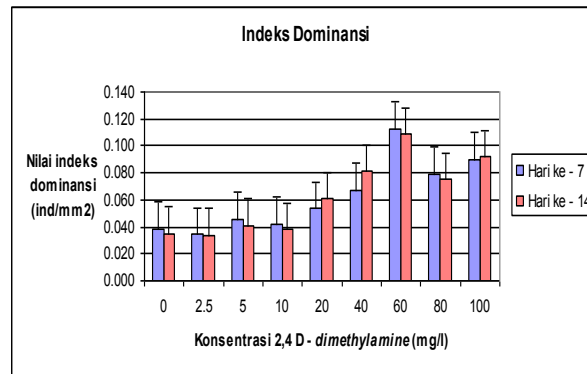
Parameter selanjutnya yang diukur adalah indeks keanekaragaman dan indeks dominansi. Indeks keanekaragaman akan menunjukkan banyaknya jenis yang dapat tumbuh dan bertahan, untuk mengetahui apakah terdapat pencemaran atau tidak. Berdasarkan analisis statistika diketahui bahwa konsentrasi 2,4-D tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai indeks keanekaragaman ( $p < 0,05$ ).



**Gambar 4.** Rata – rata nilai indeks dominansi pada hari ke-7 dan ke-14.

Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan grafik bahwa nilai indeks keanekaragaman pada masing – masing perlakuan tidak terapat jauh. Jika dilihat berdasarkan lamanya waktu paparan tidak terlihat adanya perubahan yang besar, nilai indeks keanekaragaman cenderung naik dan turun sangat sedikit atau sama. Meskipun demikian dapat terlihat bahwa paparan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l memiliki nilai indeks keanekaragaman terendah, dan diikuti dengan konsentrasi 2,4-D 100 mg/l. Nilai indeks keanekaragaman hari ke-7 yaitu 2,49 ind/mm<sup>2</sup> dan hari ke-14 2,50 ind/mm<sup>2</sup> untuk perlakuan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l, sedangkan untuk perlakuan konsentrasi 2,4-D 100 mg/l pada hari ke-7 2,55 ind/mm<sup>2</sup> kemudian 2,61 ind/mm<sup>2</sup> pada hari ke-14. Sedangkan nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada perlakuan 0 mg/l dan konsentrasi 2,4-D 2,5 mg/l dengan nilai indeks keanekaragaman pada hari ke-7 3,42 ind/mm<sup>2</sup> ; 3,50 ind/mm<sup>2</sup> dan pada hari ke-14 3,53 ind/mm<sup>2</sup> ; 3,50 ind/mm<sup>2</sup>. Pada perlakuan selanjutnya, mulai dari perlakuan konsentrasi 2,4-D 5 mg/l – 100 mg/l terjadi penurunan indeks keanekaragaman. Nilai indeks keanekaragaman yang tinggi menunjukkan banyaknya jenis yang dapat tumbuh dan bertahan hidup. Keanekaragaman yang tinggi juga menunjukkan adanya stabilitas komunitas biota normal atau kualitas air yang baik dan tidak terdapat tekanan ekologis (Hasanah, 2013). Menurunnya nilai indeks keanekaragaman menunjukkan pertumbuhan dan suksesi alga perifiton terpengaruh oleh adanya 2,4-D.

Nilai indeks keanekaragaman berkaitan dengan nilai indeks dominansi. Semakin kecil nilai indeks keanekaragaman mengindikasikan adanya dominansi suatu spesies, sehingga nilai dominansi menjadi tinggi sedangkan nilai keragaman menjadi rendah, begitu juga sebaliknya (Insafitri, 2010). Analisis statistik menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4-D dan lamanya waktu paparan berpengaruh signifikan terhadap nilai indeks dominansi ( $p < 0,05$ ).



**Gambar 5.** Rata – rata nilai indeks dominansi alga perifiton hari ke-7 dan hari ke-14.

Pada gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai indeks dominansi tertinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi 2,4-D 60 mg/l dan 100 mg/l. Nilai indeks keanekaragaman pada perlakuan dengan konsentrasi 60 mg/l pada hari ke-7 dan hari ke-14 yaitu 0.113 ind/mm<sup>2</sup> dan 0.108 ind/mm<sup>2</sup>. Spesies yang mendominasi atau yang paling banyak ditemukan dalam perlakuan 60 mg/l adalah jenis *Nitzschia*. Ditemukan empat jenis *Nitzschia* yaitu *Nitzschia angustata*, *Nitzschia amphibian*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia fonticola*. Sedangkan pada perlakuan konsentrasi 2,4-D 100 mg/l pada hari ke-7 dan ke-14 yaitu 0,90 ind/mm<sup>2</sup> dan 0,92 ind/mm<sup>2</sup>. Pada perlakuan ini spesies yang mendominasi yaitu jenis *Oscillatoria*. Beberapa jenis *Oscillatoria* yang ditemukan yaitu *Oscillatoria brevis*, *Oscillatoria chlorine*, *Oscillatoria geminate*, *Oscillatoria limnetica*, *Oscillatoria putrida*. Indeks dominansi yang mendekati 0 menunjukkan tidak adanya spesies yang mendominasi dan penyebaran spesies lebih merata (Odum, 1996).

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 2,4-D dan lamanya waktu paparan mempengaruhi jumlah klorofil-a, kepadatan, kekayaan spesies, dan indeks dominansi ( $p < 0,05$ ), tetapi interaksi yang tersebut tidak berpengaruh terhadap indeks keanekaragaman. 2,4-D pada konsentrasi rendah dapat meningkatkan jumlah klorofil-a dan kepadatan beberapa alga, namun dalam konsentrasi tinggi dapat meracuni alga. Selain itu konsentrasi 2,4-D yang tinggi juga menyebabkan nilai indeks kekayaan rendah, indeks keanekaragaman rendah, dan indeks dominansi tinggi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Brown, RL., Jacobs, LA., Peet, RK. 2007. Species richness : small scale. Dalam : Wiley J (ed), *Encyclopedia of life sciences*. Canada : John Willey and Sons Ltd. P 1-8.
- Chai, IK., dan Chung, YS. 1975. Physiological Effect of 2,4-D on *Chlorella elipsoidea*. *Misaenglum Hakhoe Chi*. 13 : 101 – 108.
- Cox, C. 1999. 2,4 D : Toxicology, Part I. *Journal of Pesticide Reform/Spring*. Vol. 19. No. 1.
- Dodge, AD. 1975. Some Mechanism of Herbicides Action. *Sci. Prog.* 62 : 447 – 466.
- Environmental Protection Agency. 2005. Reregistration Eligibility Decision for 2,4-D ([http://www.24d.org/govermentsreviews/24d\\_red.pdf](http://www.24d.org/govermentsreviews/24d_red.pdf)).
- Hasanah, U. 2013. Keanekaragaman Jenis Crustacea Makroskopis di Kawasan Mangrove Pantai Maron Kota Semarang. Semarang : IKIP PGRI.
- Insafitri. 2010. Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi *Bivalvia* di Area Buangan Lumpur Lapindo Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan* 3 : 54 – 59.
- Jyothi, BL. 2016. Study of Herbicidal Effect of 2,4-D on Growth and Cellular Metabolites in Cyanobacterium *Synechococcus aeruginosus* Nägeli from Rice Fields. 2016. *Journal of Algal Biomass Utilization*. 7(2) : 144 – 146.
- Lembi, CA., Coleridge, SE. 1975. Selective Toxicity of Detergents and Herbicides to Phytoplankton, West Lafayette, Indiana. Purdue University, Water Resources Research Center, 71 pp.

- Magallona, ED. 1994. Impact of pesticides on Tropical Ecosystems With Emphasis on Rice Production in The ASEAN Countries. *Environmental Toxicology in South East Asia*. 19-31.
- Odum, EP. 1996. *Dasar – dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Price, DJ., Birge, WJ., Kercher, MD. 1998. Periphyton Monitoring in The Bayou System. Lexington : KRECC
- Purwitasari, Adinda, T., Alamsjah, MA., Rahardja, BS. 2012. Pengaruh Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh (Asam-2,4-Diklorofenoksiasetat) Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. *Jurnal of Marine and Coastal Science*. Vol. 1 (2) 61: 69 – 72.
- Qian, H., Wei, C., Liwei, S., Yuanxiang, J., Weiping, L., Zhengwei, F. 2009. Inhibitory Effects of Paraquat on Photosynthesis and Response to Oxidative Stress in *Chlorella vulgaris*. *Ecotoxicology* 18: 537 – 543.
- Rivera, CM., dan Penner, D. 1979. Effect of Herbicides on Plant Cell Membran Lipids. *Residue review*. 70 : 45 – 76.
- Schwoerbel, J. 1972. *Methods of Hydrobiology*. Oxford : Pergamon Press.
- Smith, GM. 1918. A Second list of Algae found in Wisconsin lakes. *Transaction of the Wincosin Academy of Science Arts and Letters* 19: 614 – 654.
- Streble, H., Krauter, D. 1974. *Das Leben im Wassertropfen*. Frankh'sche verlags-handlvng : Kosmos Naturführer.
- Timotius, KH., Kristianto, W. 1979. *Species Composition and Diversity of Phytoplankton in Rawa Pening Lake*. Salatiga : UKSW Press.
- van Heurck, H. 1984. *A Treatis on The Diatomaceae*. London : William Wesley and Son.
- Wong, PK. 2000. Effects of 2,4-D, Glyphosat and Paraquat on Growth, Photosyntesis and Chlorophyll-a Synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Berb 614. *Chemosphere* 41: 177-182.