

PENGARUH PENAMBAHAN LOGAM FE(II) TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN FITOPLANKTON *CHLORELLA VULGARIS* DAN *PORPHYRIDIDIUM CRUENTUM*

Yusi Anda Rizky¹⁾, Jaya Suharja²⁾, Ayusti Dirga³⁾, Ilham⁴⁾

¹⁾Jurusan Kimia, FMIPA, UNHAS
email: yar_kimiauh08@yahoo.co.id

²⁾Jurusan Fisika, FMIPA, UNHAS
email: suharja_jaya@yahoo.com

³⁾Jurusan Kimia, FMIPA, UNHAS
email: amyush@ymail.com

⁴⁾Jurusan Biologi, FMIPA, UNHAS
email: Ilham_biologi11@yahoo.com

Abstract

Research about the Effect of Fe(II) Addition Toward Growth rate of Phytoplankton Chlorella vulgaris and Porphyridium cruentum have been done. It used sea water that was added by Conway medium and vitamin as culture media on the second species of phytoplankton test. Exposure of Fe (II) was conducted in culture media whose concentration were 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; and 2,0 ppm in order to increase the growth rate of phytoplankton. The result indicated that phytoplankton C. vulgaris is the higher cell density 3.060×10^4 cell/mL. Maximum tolerance concentration of Fe (II) by phytoplankton C. vulgaris is 0,6 ppm and density cell is 9.612×10^4 cell/mL.

Keywords: *Chlorella vulgaris, Fe(II), Growth rate, Phytoplankton, Porphyridium cruentum*

1. PENDAHULUAN

Perubahan terhadap kualitas perairan dapat ditinjau dari kelimpahan dan komposisi fitoplankton. Keberadaan fitoplankton di suatu perairan dapat memberikan informasi mengenai keadaan perairan. Fitoplankton merupakan parameter biologi yang dapat dijadikan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan suatu perairan (bioindikator) (Wijaya dan Hariyanti, 2005).

Dalam proses fotosintesisnya, fitoplankton memanfaatkan dan mengubah unsur-unsur anorganik menjadi bahan organik dengan bantuan cahaya matahari. Kemampuan dalam menyerap cahaya matahari oleh seluruh permukaan sel menjadikan peranannya lebih penting daripada tanaman air (Asmara, 2005).

Selain memiliki peranan penting dalam habitatnya, fitoplankton juga memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, salah satunya dalam bidang kesehatan. Hal ini disebabkan kandungan nilai gizi yang tinggi yang terdapat pada fitoplankton. Menurut Hasanah (2011), fitoplankton dapat menambah

nilai gizi pada makanan dan mempunyai pengaruh yang positif terhadap kesehatan manusia. Biomassa fitoplankton kaya nutrisi antara lain asam lemak omega 3 dan 6, asam amino esensial (leusin, isoleusin, valin, dan lain-lain), dan karoten. Beberapa jenis fitoplankton juga memiliki kandungan protein yang tinggi. Asam amino pada fitoplankton lebih baik jika dibandingkan dengan sumber protein makanan yang lain.

Fitoplankton juga memiliki kandungan karbohidrat dalam bentuk pati, glukosa, gula dan polisakarida lain. Beberapa keunggulan lain dari fitoplankton tidak tergantung pada iklim dan cuaca, waktu tumbuh cepat sehingga dapat dipanen dalam waktu yang tidak terlalu lama, dapat diproduksi terus-menerus, tidak dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan, serta produksinya dapat dikendalikan sesuai dengan kebutuhan dan keinginan, serta aman bagi kesehatan. Fitoplankton memiliki komponen aktif yang dimanfaatkan dalam bidang industri pangan, kosmetik, *pharmaceutical* dan *neutraceutical*.

Komponen aktif fitoplankton antara lain fenol, terpenoid, sterol, flavonoid dan polisakarida. Selain itu, fitoplankton juga mengandung pigmen (klorofil, *phycobillin*, karoten) tokoperol, EPA dan DHA (El-Baky dkk, 2008). Komponen aktif mikroalga mempunyai aktivitas antimikroba (Abedin dan Taha, 2008); antitumor dan antimikroba (Taskin dkk, 2010); dan aktivitas antioksidan (Marxen dkk, 2007).

Salah satu fitoplankton yang mempunyai komponen aktif tersebut adalah *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum*. *C. vulgaris* telah digunakan sebagai alternatif obat yakni sebagai antioksidan dan antinyeri selain memiliki efek hipoglikemik. Secara luas, *C. vulgaris* telah diproduksi dan dipasarkan sebagai suplemen makanan pada Negara Cina, Jepang, Eropa, dan Amerika (Mayasari, 2012). Menurut Hasanah (2011), *P. cruentum* memiliki komponen aktif yang dimanfaatkan sebagai antivirus, antibakteri, dan antioksidan. Mengingat fungsi dari fitoplankton yang sangat bermanfaat, maka perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan laju pertumbuhan sel fitoplankton tersebut.

Pertumbuhan kultur fitoplankton *C. vulgaris* dan *P. cruentum* sangat erat kaitannya dengan kebutuhan dan ketersediaan berbagai macam unsur-unsur anorganik, baik sebagai makronutrien maupun mikronutrien dalam suatu media. Diantara berbagai unsur anorganik yang sangat dibutuhkan oleh fitoplankton *C. vulgaris* dan *P. cruentum* adalah logam Fe (II) (Artati, 2012). Ion logam Fe memainkan peran sangat penting dalam regulasi metabolisme sel sebagai unsur esensial pada mikroalga. Kekurangan ion logam Fe akan menekan pertumbuhan sel (Allen dkk, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai “Pengaruh penambahan ion logam Fe(II) terhadap laju pertumbuhan sel pada Fitoplankton *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum*”.

2. METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian kali ini yakni *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum* yang berasal dari Balai Budidaya Air Jepara, air laut yang

berasal dari daerah pantai Makassar, alkohol, besi (II) ammonium sulfat $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2]$, $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Na-EDTA, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaNO_3 , ZnCl_2 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_6\text{M}_6\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Vitamin B₁₂, Vitamin B₁, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, akuades, kertas saring, dan aluminium foil.

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian kali ini yakni alat-alat gelas yang pada umumnya digunakan pada laboratorium, set lampu neon Philips 40 watt, toples yang terbuat dari bahan gelas, panci, selang, batu aerator, aerator, *salinometer*, *haemositometer*, pompa vakum, corong Buchner, dan mikroskop Nikon type 102.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Organik, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar pada bulan Juni 2012 – Oktober 2012.

Prosedur

Pembuatan medium Conway

Satu liter larutan stok A dididihkan dan ditambahkan 2 mL larutan stok B. Campuran larutan Conway ini ditambahkan ke dalam air laut steril yang tidak mengandung fitoplankton (1 mL per 1 L air laut), kemudian ditambahkan 1 tetes stok C.

Mengkultur Fitoplankton *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum*

Air laut ditampung dalam wadah kemudian disterilkan dan disaring dengan menggunakan kertas saring, selanjutnya diukur salinitasnya dengan menggunakan alat *salinometer*. Setelah itu, air laut steril ditambahkan medium Conway, kemudian dilakukan aerasi untuk pengkondisian CO₂, dan ditambahkan fitoplankton.

Untuk memperoleh salinitas air laut yang sesuai untuk spesies fitoplankton uji dilakukan dengan cara pengenceran atau pemekatan. Cara mendapatkan kepadatan fitoplankton yang diinginkan digunakan rumus pengenceran:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dimana; V_1 = Volume fitoplankton yang dibutuhkan, V_2 = Volume kultur, N_1 = Kepadatan sel fitoplankton stok, N_2 = Kepadatan sel fitoplankton kultur

Penghitungan kepadatan sel fitoplankton menggunakan alat *Haemositometer* dengan pengamatan mikroskop. Pengamatan pola pertumbuhan diamati pada kondisi tanpa dan dengan paparan logam Fe(II). Setelah 3 hari, kultur dipindahkan ke toples yang terbuat dari bahan gelas dengan volume sekitar 3 L. Selama pelaksanaan kultur, parameter fisika-kimia dipertahankan.

Menentukan Waktu Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum*.

Penentuan pola pertumbuhan fitoplankton, dilakukan dengan penghitungan jumlah sel per mililiter medium setiap 24 jam. Contoh diambil dengan pipet tetes steril, ditetaskan sekitar 0,1-0,5 mL pada *Haemositometer*, kemudian diamati melalui mikroskop. Bila kepadatan sel masih normal, penghitungan kepadatannya menggunakan rumus

$$\text{Jumlah} \frac{\text{sel}}{\text{mL}} = \frac{\text{jumlah sel dalam 4 kotak}}{\text{jumlah blok (= 4)}} \times 10.000$$

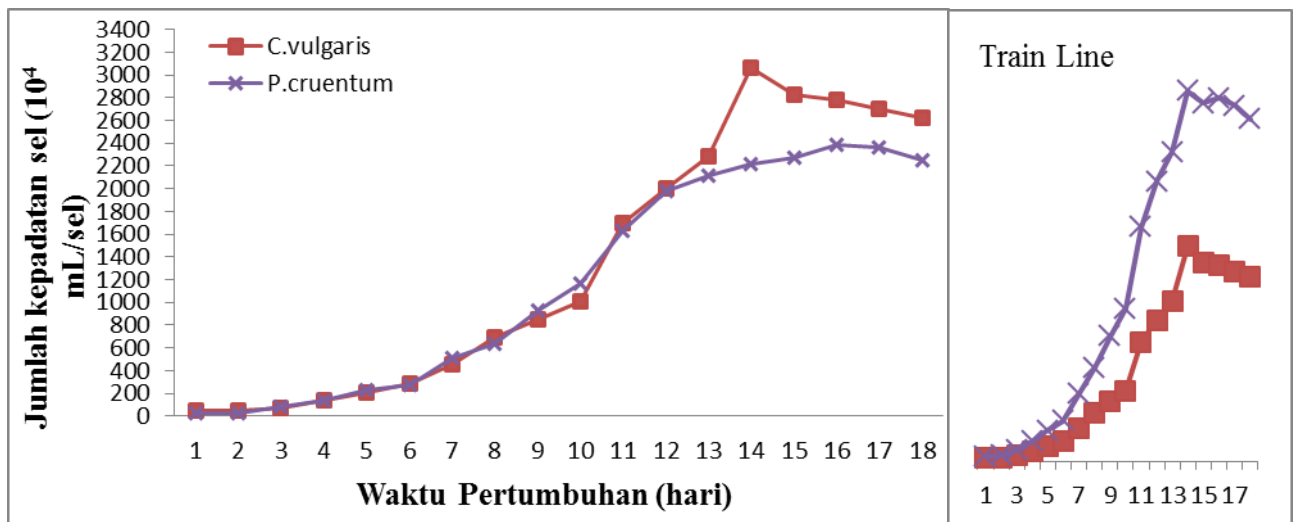
Bila kepadatan selnya terlalu tinggi, penghitungannya menggunakan rumus:
Jumlah sel/mL = Jumlah sel dalam 4 bagian x 4 x 10.000

Menentukan Nilai Maksimum Tolerance Concentration (MTC) Logam Fe(II) oleh Fitoplankton yang Menghasilkan Kepadatan Sel yang Paling Tinggi.

Setelah diketahui pola pertumbuhan optimum fitoplankton uji masing-masing, dilakukan satu seri kultur dengan paparan logam Fe(II) pada mediumnya dengan konsentrasi 0,0; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0; 1,50; dan 2,00 ppm medium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Pertumbuhan Sel Fitoplankton laut *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium cruentum*

Pengamatan pola pertumbuhan keempat sel fitoplankton dilakukan setiap 1 hari selama 18 hari waktu pertumbuhan dalam media kultur air laut dengan penambahan medium Conway serta vitamin. Grafik pola pertumbuhan keempat sel fitoplankton tersebut ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Grafik pola pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris* dan *P. cruentum*

Menurut Martosudarmo dan Wulani (1990), dalam Budidaya (2009), pertumbuhan fitoplankton secara umum ditandai dengan empat tahap terpisah yaitu tahap adaptasi, tahap eksponensial, tahap stationer, dan tahap

kematian. Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1, dapat diketahui bahwa waktu pertumbuhan yang dibutuhkan oleh fitoplankton *C. vulgaris* dan *P. cruentum* untuk beradaptasi terhadap media kultur (air

laut yang ditambahkan dengan medium Conway dan vitamin) cukup singkat, yakni dua hari. Hal ini dapat dilihat pada grafik kepadatan sel, dimana kepadatan sel pada hari pertama hingga hari kedua belum menunjukkan jumlah pertumbuhan sel yang signifikan, hal ini dikarenakan masih sedikitnya jumlah sel yang mengalami proses pembelahan. Pertumbuhan signifikan mulai terjadi pada hari ketiga, yang berarti proses pembelahan sel yang terjadi mulai optimal. Proses pertumbuhan signifikan terjadi hingga hari ke-14 untuk *C. vulgaris* dengan kepadatan sel tertinggi berjumlah 3060×10^4 mL/sel dan hari ke-16 untuk *P. cruentum* dengan kepadatan sel tertinggi berjumlah 2387×10^4 mL/sel. Setelah proses pembelahan sel mencapai puncak, maka tak terjadi proses pembelahan sel lagi, yang artinya laju pertumbuhan seimbang dengan laju kematian. Tahap ini dinamakan tahap stationer. Tahap stationer mulai terjadi pada hari ke-15 untuk *C. vulgaris* dan ke-17 untuk *P. cruentum*. Tahap stationer terjadi dikarenakan jumlah pertumbuhan sel fitoplankton dalam media kultur semakin banyak, namun jumlah kandungan nutrisi dalam media kultur semakin menurun. Selanjutnya keempat fitoplankton mengalami tahap kematian, yakni penurunan jumlah sel dikarenakan laju kematian sel lebih tinggi daripada laju pertumbuhan sel sehingga kepadatan populasi semakin menurun. Menurut Rusyani (2001), terjadi penurunan jumlah sel dikarenakan baik kandungan nutrisi maupun media kultur berada dalam jumlah yang terbatas. Pada awal kultur, kandungan nutrisi masih tinggi, yang dimanfaatkan oleh masing-masing fitoplankton untuk melakukan proses pertumbuhan. Peningkatan jumlah sel akan terhenti pada satu titik puncak populasi, pada titik tersebut kebutuhan nutrisi menjadi semakin lebih besar, sedangkan kandungan nutrisi dalam media semakin menurun karena tidak dilakukannya penambahan nutrisi. Selain itu, juga terjadi persaingan memperebutkan tempat hidup karena semakin banyak jumlahnya sel dalam volume yang tetap. Menurut Fogg (1975) dalam Utomo dkk (2005), adanya bayangan populasi dari selnya sendiri (*self shading*) juga menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diserap sehingga dapat

mengakibatkan kematian. Ketiga faktor inilah yang menyebabkan kematian individu dan sekaligus memperkecil jumlah sel-sel yang tumbuh, sehingga setelah mengalami puncak akan mengalami penurunan jumlah sel.

Penggunaan medium Conway dan vitamin sebagai media kultur untuk keempat fitoplankton dengan kepadatan awal 10×10^4 sel/mL medium *C. vulgaris* dan *P. cruentum*. *C. vulgaris* mengalami peningkatan sebanyak 69,5 kali lipat dari kepadatan awal selama 15 dan *P. cruentum* 85 kali lipat dari kepadatan awal selama 17 hari kultur.

Menurut Garofalo (2010) dalam Mayasari (2012), kebutuhan nutrisi sangat berkorelasi dengan sifat morfologi dari fitoplankton, dalam hal ini ukuran sel dan tingkat pergerakan sel 2-8 μ m untuk *C. vulgaris* dan 4-9 μ m untuk *P. cruentum* (Lee, 1989).

Gambar 1 menunjukkan pola pertumbuhan dari kedua fitoplankton di dalam kondisi medium Conway dan vitamin yang mana jumlah nutrisi yang terkandung adalah sama. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa jumlah pertumbuhan sel pada kedua fitoplankton dari yang paling tinggi ke yang paling rendah secara berturut-turut adalah *C. vulgaris* dan *P. cruentum*. Hal ini disebabkan karena sifat morfologi dari *C. vulgaris*. *C. vulgaris* mempunyai ukuran sel yang paling kecil bila dibandingkan dengan *P. cruentum*, yang menyebabkan luas permukaan sel semakin besar sehingga proses masuknya nutrisi ke dalam jaringan sel lebih cepat terjadi. Selain itu, Menurut Mayasari (2012), *C. vulgaris* tak memiliki alat gerak berupa flagella, tak seperti *P. cruentum*, sehingga nutrisi hanya dimanfaatkan untuk proses pertumbuhan dan pergerakan sel saja, tak untuk pergerakannya.

Hasil Penentuan Konsentrasi Fe^{2+} yang dapat Ditoleransi (MTC) oleh Fitoplankton *Chlorella vulgaris*

Konsentrasi ion Fe^{2+} yang dapat ditoleransi (MTC) oleh fitoplankton *C. vulgaris* ditampilkan pada Gambar 2. Penambahan ion logam dilakukan pada hari ketiga pengkulturan. Pengamatan dan perhitungan kepadatan sel dilakukan setiap 1 hari selama selama 14 hari waktu pertumbuhan dalam

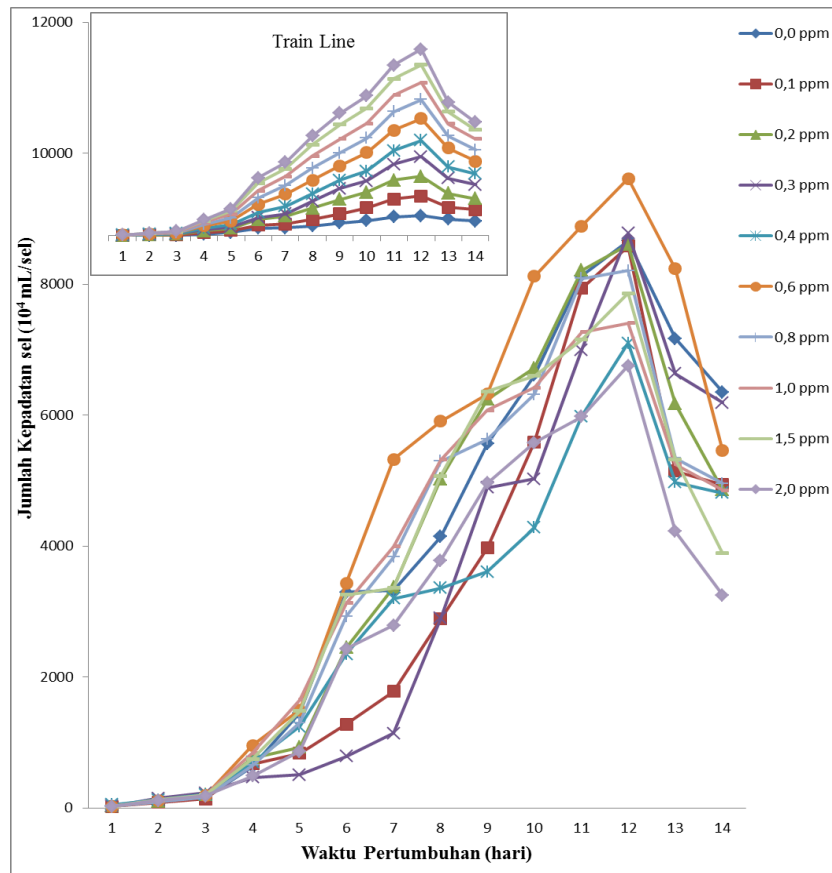
media kultur air laut dengan penambahan

medium

Conway

serta

vitamin:



Gambar 2. Pola Pertumbuhan Sel *C. vulgaris* Tanpa dan Dengan Penambahan Fe^{2+} pada Berbagai Konsentrasi

Konsentrasi Fe^{2+} yang dapat ditoleransi (MTC) oleh *C. vulgaris* ditampilkan pada Gambar 2. Gambar 2 menampilkan pola pertumbuhan kepadatan sel *C. vulgaris* tanpa dan dengan penambahan Fe^{2+} untuk berbagai konsentrasi (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 dan 2,0 ppm), dimana kontrol dan semua variasi konsentrasi memperlihatkan pola yang sama. Peningkatan pertumbuhan sel fitoplankton terjadi hingga hari ke-12. Pada hari ke-13 dan ke-14 pertumbuhan mengalami penurunan, sehingga pengamatan dihentikan pada hari ke-14. Pertumbuhan sel fitoplankton tertinggi pada hari ke-12 terdapat pada konsentrasi 0,6 ppm dengan jumlah kepadatan sel sebanyak 9612×10^4 sel/mL dan

pertumbuhan sel fitoplankton terendah terdapat pada konsentrasi 2,0 ppm dengan jumlah kepadatan sel sebanyak 6756×10^4 sel/mL.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa pola pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris* yang terpapar ion logam Fe^{2+} dengan konsentrasi 0,1; 0,2; dan 0,3 ppm memperlihatkan jumlah sel tertinggi yang relatif sama dengan kontrol, hal ini mengindikasikan bahwa penambahan ion logam Fe^{2+} pada konsentrasi 0,1; 0,2; dan 0,3 ppm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris*. Namun, pada konsentrasi 0,6 ppm, pertumbuhan sel fitoplankton berada di atas kontrol, hal ini mengindikasikan bahwa

penambahan ion logam Fe^{2+} pada konsentrasi 0,6 ppm akan meningkatkan jumlah pertumbuhan fitoplankton. Pada konsentrasi 0,8; 1,0; 1,5; dan 2,0 ppm, pertumbuhan jumlah sel tertinggi mulai mengalami penurunan dan relatif berada di bawah kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan ion logam Fe^{2+} pada konsentrasi 0,8; 1,0; 1,5; dan 2,0 ppm akan menghambat pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris*.

Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,1 ppm hingga 0,6 ppm, penambahan ion logam Fe^{2+} lebih berfungsi sebagai nutrisi yang menyebabkan peningkatan jumlah pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris* dengan konsentrasi maksimum yang dapat ditoleransi (MTC) adalah sebesar 0,6 ppm dan pertumbuhan populasi fitoplankton yang paling tinggi ditunjukkan pada penambahan ion logam dengan konsentrasi 0,6 ppm. Sedangkan pada konsentrasi 0,8 ppm hingga 2,0 ppm, penambahan ion logam Fe^{2+} lebih bersifat toksik sehingga menghambat pertumbuhan sel fitoplankton *C. vulgaris* sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

Terdapat fenomena yang terjadi pada penelitian kali ini yakni jumlah kepadatan sel fitoplankton *C. vulgaris* pada penambahan ion logam Fe^{2+} pada konsentrasi 0,4 ppm. Menurut Patimah (2011), semakin tinggi konsentrasi logam yang ditambahkan hingga *Maximum Tolerance Concentration* (MTC) tercapai, semakin tinggi pula jumlah pertumbuhan sel fitoplankton. Namun pada penambahan ion logam Fe^{2+} dengan konsentrasi 0,4 ppm tidak demikian, karena jumlah kepadatan sel fitoplankton *C. vulgaris* berada di bawah kontrol. Kemungkinan penyebab mengapa hal ini bisa terjadi yakni kekurangan karbon dioksida (CO_2) pada media kultur yang disebabkan karena kondisi batu aerator yang digunakan tidak layak pakai sehingga mengganggu proses aerasi. Hal ini terlihat pada saat proses pengkulturan, gelembung udara yang dihasilkan pada medium sangat sedikit. Padahal salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan fitoplankton adalah kandungan CO_2 . Menurut Soong (1980), penambahan CO_2 selain untuk memenuhi kebutuhan karbon, juga menjaga

kestabilan pH yang cenderung naik selama masa pemeliharaan.

4. KESIMPULAN

Fitoplankton *Chlorella vulgaris* merupakan jenis fitoplankton yang memiliki jumlah kepadatan sel paling banyak, yakni 3060×10^4 mL/sel pada hari ke-14. Konsentrasi maksimum ion logam Fe^{2+} yang dapat ditoleransi (MTC) oleh fitoplankton *C. vulgaris* adalah 0,6ppm

5. REFERENSI

- Abedin RMA. And Taha HM. 2008. Antibacterial and antifungal activity of cyanobacteria and green microalga, evaluation of medium components by Plackett-Burman design for antimicrobial activity of *Spirulina platensis*. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry*. 3 (1): 22-31.
- Allen, JF, de Paula, BMW. Puthiyaveetil, S. and Nield, J. 2011. Review: A Structural Phylogenetic Map for Chloroplast Photosynthesis. *Trends in Plant Science*. 16 (12): 645-655.
- Asmara, A. 2005. Hubungan Struktur Komunitas Plankton dengan Kondisi Fisika-Kimia Perairan Pulau Pramuka dan Pulau Panggang Kepulauan Seribu. *skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Penelitian Bogor, Bogor.
- Budidaya P., 2009, *Budidaya Pakan Alami (Fytoplankton, Zooplankton, dan Benthos)*, (online), (<http://ardivedca.blogspot.com/>, diakses tanggal 25 Mei 2012, pukul 22.45 wita).
- El-Baky HHA, El Baz FK, El Baroty. 2008. Evaluation of marine alga *Ulva lactuca* L. as a source of natural preservative ingredient. *American-Eurasian Journal. Agricultural and Environment Science* 3 (3): 434-444.
- Artati, 2012. Pengaruh Konsentrasi Ion Mg^{2+} dan Fe^{2+} dalam Medium Kultur Terhadap Produksi Klorofil dan Protein oleh Fitoplankton *Tetraselmis chuii* dan *Porphyridium cruentum*. *Thesis*, Program Pascasarjana Jurusan Kimia Fakultas

- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Hasanah. 2011. Mikroenkapsulasi Biomassa *Porphyridium cruentum*, *skripsi*, Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lee, ER. 1989. *Phycology*, Second edition. Cambridge, Cambridge University Press.
- Marxen K. Vanselow KH. Lippemeier S. Hintze R. Ruser A. Hansen UP. 2007. Determination of DPPH radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors*. 2007 (7): 2080-2095.
- Mayasari, E. 2012. Efek Penambahan Fe^{2+} dan Mn^{2+} Terhadap Produktifitas β -Karoten oleh Fitoplankton *Dunaliella salina*, *Isocrysis galbana*, dan *Chlorella vulgaris*. *thesis*. Program Magister Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rusyani, E. 2001. Pengaruh Dosis Zeolit yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Isochrysis galbana* Klon Tahiti Skala Laboratorium dalam Media Komersial. *Skripsi*. Progran Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Soong, P. 1980. *Production and Development of Chlorella and Spirulina In Taiwan*. Dalam Shelef and C.J., Soeder, hal. 97-113, *Algae Biomass*, North-Holland Biodical Press.
- Taskin E. Caki Z. and Ozturk M. 2010. Assessment of in vitro antitumoral and antimicrobial activities of marine algae harvested from the eastern Mediterraneansea. *African Journal of Biotechnology*, 9 (27): 4272-4277.
- Utomo, NBP. Winarti, dan Erlina, A. 2005. Pertumbuhan *Spirulina plantesis* yang Dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, TSP, dan ZA) dan Kotoran Ayam, *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 4 (1): 41-48.
- Wijaya, TS. dan Haryanti, R. 2005, *Struktur Komunitas Fitoplankton sebagai Bio Indikator Kualitas Perairan Danau Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah*, 55-61