

Penggunaan Fotobioreaktor Sistem *Batch* Tersirkulasi terhadap Tingkat Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*

Tri Nurhayati, Mochamad Bagus Hermanto, dan Musthofa Lutfi

Jurusan Keteknik Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

ABSTRAK

Mikroalga adalah tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan CO₂ untuk keperluan fotosintesis. Ekplorasi yang besar-besaran perlu ditunjang dengan peralatan yang digunakan untuk mengembangbiakkan mikroalga. Salah satu peralatan yang digunakan adalah fotobioreaktor dengan sistem *batch* tersirkulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan fotobioreaktor dengan sistem *batch* tersirkulasi terhadap kepadatan mikroalga. Serta dapat menganalisis variabel pertumbuhan yang mempengaruhi proses produksi mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, kadar lipid dan laju pertumbuhan untuk *Chlorella vulgaris* sebesar 1,92 %; 0,311, dan *Nannochloropsis oculata* sebesar 4,29%; 1,834. Variabel pertumbuhan yang mempengaruhi proses produksi mikroalga secara umum yang diamati yaitu suhu, intensitas cahaya, kadar oksigen terlarut, pH, RH dan salinitas masing-masing dengan kisaran nilai 25-32°C; 570-1610 lux; 5,48-9,22 gr/ml; 7,08-8,56; 58-95% dan 31,5-32 ‰. *Nannochloropsis oculata*, dapat bertahan hidup lebih lama dibandingkan dengan mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* dan *Chlorella sp.* Variabel pertumbuhan yang diamati memberikan pengaruh terhadap proses produksi mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*.

Kata Kunci : Fotobioreaktor, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*.

The Recirculation Batch System of Photobioreactor Against Growth Rate of Chlorella vulgaris Microalgae, Chlorella sp. and Nannochloropsis oculata

ABSTRACT

Mikroalgae is the most efficient in capturing and utilizing solar energy and CO₂ for photosynthesis purposes. Large-scale exploration to be supported by the equipment used to breed microalgae. Photobioreactor serves to facilitate in obtaining microalgae. There have been many equipment to use is photobioreactor with resirculating batch system. The research, determine effect of using photobioreactor with resirculating batch system to sirculate the density of microalgae. Can analyze variables that influence growth microalgae of *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.*, and *Nannochloropsis oculata* production process. Based on the research which has been done, lipid levels and maximum growth rate of *Chlorella vulgaris* is 1,92 %; 0,311, and *Nannochloropsis oculata* is 4,29%; 1,834. Variables that affect the growth of microalgae production process is

generally observed that the temperature, light intensity, dissolved oxygen, the degree of acidity (pH), humidity and salinity values each 25-32°C; 570-1610 lux; 5,48-9,22 gr/ml; 7,08-8,56; 58-95% dan 31,5-32 ‰. *Nannochloropsis oculata*, can survive longer than the species of microalgae *Chlorella vulgaris* and *Chlorella sp.* Growth variables are observed include influence on the production process of *Chlorella vulgaris* microalgae, *Chlorella sp.* and *Nannochloropsis oculata*.

Key Words: Recirculation Batch System of Photobioreactor, Growth Rate of Chlorella vulgaris, Chlorella sp. and Nannochloropsis oculata

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat berlimpah, termasuk di dalamnya adalah keanekaragaman hayati mikroalga. Mikroalga adalah tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan CO₂ untuk keperluan fotosintesis. Selain itu, CO₂ dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas. Di Indonesia sendiri dapat dijumpai ratusan jenis mikroalga. Pada sisi lain, fungsi ekologis mikroalga sangat membantu dalam pencegahan terjadinya pemanasan global (Haryo, 2011). Beberapa jenis mikroalga yang banyak dijumpai pada wilayah perairan serta dibudidayakan antar lain *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*.

Ekplorasi terhadap manfaat dari mikroalga telah dilakukan untuk berbagai tujuan penelitian, antara lain: penentuan kandungan logam berat dan pencemar di perairan laut, studi tentang kandungan kimia, energi terbarukan, dan mitigasi gas karbondioksida (Chisti, 2007 dalam Ambar, 2009). Ekplorasi yang besar-besaran juga perlu ditunjang dengan peralatan yang digunakan untuk mengembangbiakkan mikroalga. Salah satu peralatan yang digunakan adalah dengan menggunakan fotobioreaktor. Fotobioreaktor berfungsi untuk mempermudah dalam memperoleh mikroalga. Sudah banyak fotobioreaktor yang telah dikembangkan untuk memproduksi mikroalga, seperti fotobioreaktor dengan prinsip resirkulasi. Pada penelitian ini dilakukan pengembangbiakan mikroalga dengan prinsip resirkulasi yang menggunakan sistem *batch*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bioreaktor dengan sistem *batch* tersirkulasi terhadap kepadatan mikroalga serta menganalisis variabel pertumbuhan yang mempengaruhi proses produksi mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*.

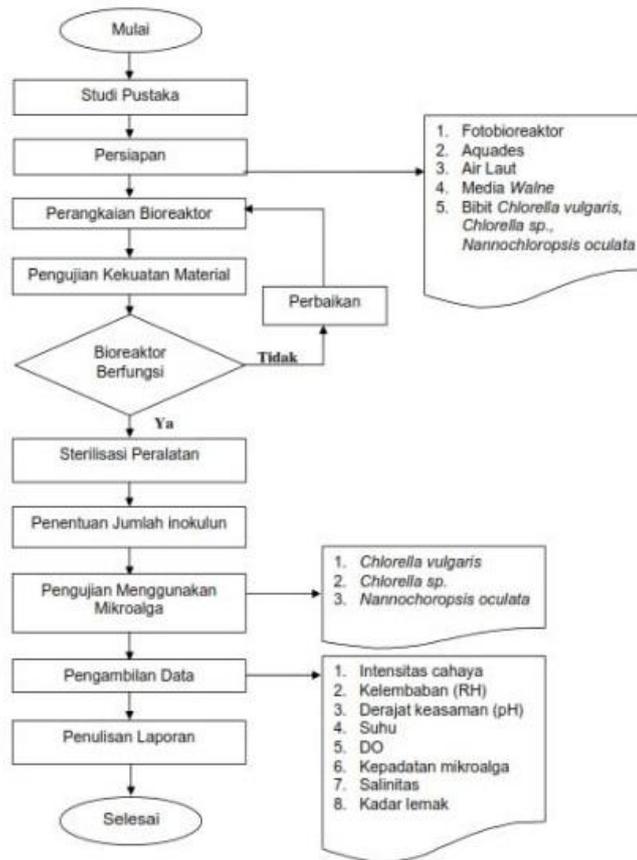
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

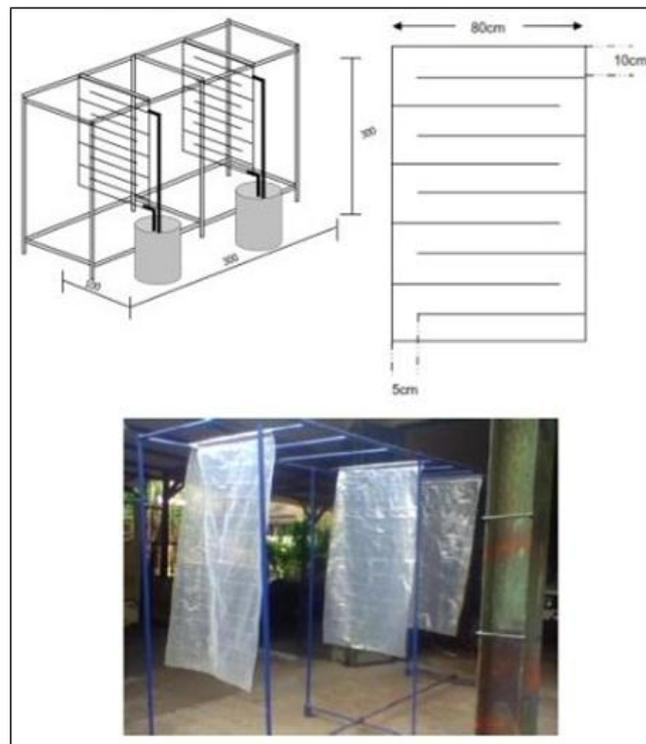
Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bibit *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.*, *Nannochloropsis oculata*, pupuk walne, aquades, air payau. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah fotobioreaktor dengan sistem *batch* tersirkulasi, lampu TL (Jenis: Osram, 38 watt), tabung ukur, toples, *luxmeter* (Jenis: Krisbow KW06-288), *Thermometer*, *Thermometer* bola basah dan bola kering, DO meter, pH meter, mikroskop, *haemocytometer*, refraktometer, *urine container*.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Berdasarkan Arikunto (2006), cara mengolah data merupakan usaha untuk membuat data tersebut menjadi lebih jelas. Metode deskriptif sendiri merupakan prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan/melukiskan keadaan subyek/obyek penelitian pada saat sekarang berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau sebagai mana adanya (Zulnaidi, 2007).



Gambar 3.1. Flowchart pelaksanaan kegiatan penelitian

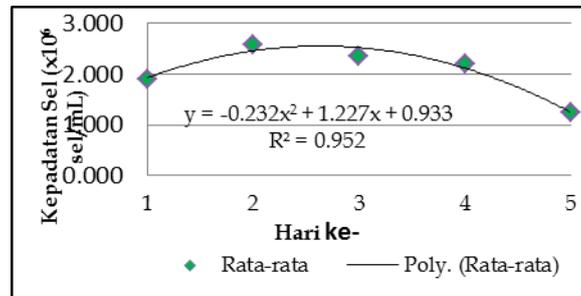


Gambar 3.2. Fotobioreaktor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan dan Laju Pertumbuhan *Chlorella vulgaris*

Pada penelitian ini laju pertumbuhan spesifik dan kepadatan *Chlorella vulgaris* pada hari ke-2 sudah mengalami peningkatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa fase adaptasi dari *Chlorella vulgaris* kurang dari 24 jam, yang terjadi karena bibit *Chlorella vulgaris* dikultivasi terlebih dahulu hingga mencapai fase eksponensial yaitu pada hari ke-2.



Gambar 4.1. Grafik Kepadatan Sel *Chlorella vulgaris*

Fase pertumbuhan yang terjadi pada kultur *Chlorella vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 3. Fase adaptasi pada saat kultur terjadi pada hari pertama, sedangkan pada hari kedua sudah mulai memasuki fase log atau fase dimana terjadi peningkatan kepadatan. Hari selanjutnya mengalami penurunan kepadatan. Pada kondisi ini dianggap juga terjadi fase stasioner yang berlangsung sangat singkat. Dan pada hari ke-5 terjadi fase kematian, pada fase ini terjadi penurunan kepadatan yang sangat drastis. Hal ini bisa terjadi karena adanya kontaminasi serta menurunnya kandungan nutrisi pada media seperti yang terlihat pada Gambar 4(b).

Fungsi $Y = -0.232x^2 + 1.227x + 0.933$ dengan nilai $R^2 = 0.952$ merupakan regresi polinomial dari hubungan kepadatan sel *Chlorella vulgaris* dan hari. Fungsi tersebut digunakan untuk melakukan pendugaan perubahan kepadatan sel *Chlorella vulgaris* berdasarkan waktu. Nilai x menunjukkan fungsi waktu, sedangkan y merupakan kepadatan.

Kepadatan dan Laju Pertumbuhan *Chlorella sp.*

Kultivasi awal yang dilakukan, *Chlorella sp.* tidak mampu bertahan hidup. Hal ini diduga terjadi karena kurangnya nutrisi serta kualitas dari air yang digunakan sebagai media untuk kultivasi. Sehingga mengganggu kemampuan tumbuh dari *Chlorella sp.*. Nutrisi yang diberikan pada media tumbuh didasarkan pada pemberian nutrisi yang dilakukan pada skala laboratorium.

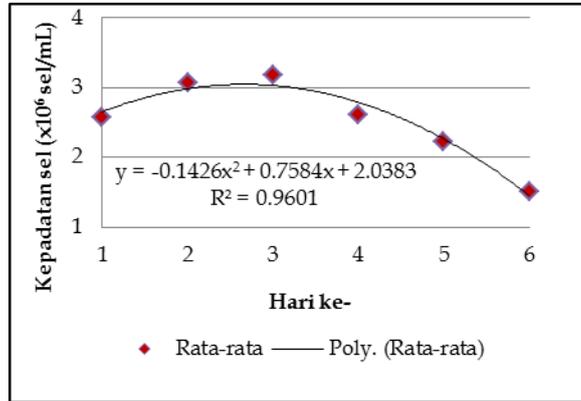
Gambar 4.1(a) merupakan kultivasi *Chlorella sp.* yang mengalami kematian. Gambar 4.2(b) menunjukkan adanya mikroorganisme selain *Chlorella sp.* yang hidup dalam media kultivasi. Adanya mikroorganisme tersebut mendorong terjadinya persaingan dalam mendapatkan makanan.



Gambar 4.2 (a) Kultur *Chlorella sp.*, (b) Terjadinya kontaminasi

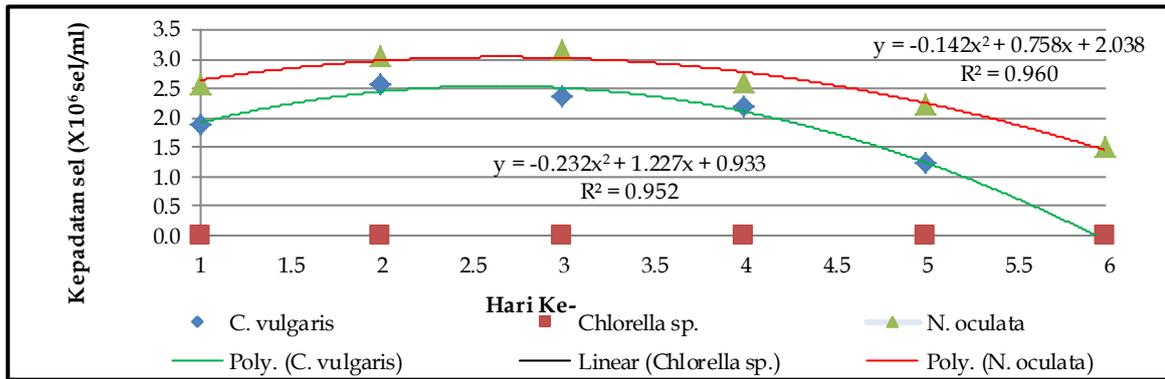
Kepadatan dan Laju Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*

Fase pertumbuhan yang terjadi pada saat kultur *Nannochloropsis oculata* hampir sama dengan fase pertumbuhan pada kultur *Chlorella vulgaris*. Kepadatan awal yang didapatkan pada penelitian ini adalah 2.575×10^6 sel/ml. Masa puncak populasi terjadi pada kondisi pagi, hari ke-4 dengan kepadatan mencapai 3.175×10^6 sel/ml. dan kepadatan terendah terjadi pada kondisi siang, hari ke-6 dengan kepadatan hanya mencapai 1.517×10^6 sel/ml. Hal ini diduga disebabkan kandungan nutrisi yang kurang yang hanya mampu digunakan pada awal kultivasi saja.



Gambar 4.3. Grafik Kepadatan Sel *Nannochloropsis oculata*

Perbandingan Kepadatan *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.*, dan *Nannochloropsis oculata*



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Kepadatan Sel *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.*, dan *Nannochloropsis oculata*

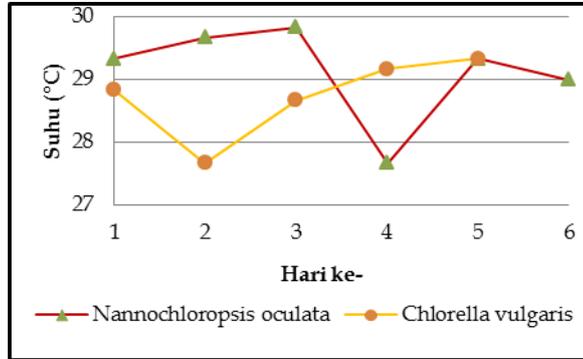
Perbandingan jumlah kepadatan *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata* menunjukkan pola pertumbuhan yang hampir sama. Sedangkan untuk *Chlorella sp.* tidak diketahui, karena terjadi kematian pada saat dilakukan kultivasi awal. Gambar 6 memperlihatkan kepadatan dari *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*, dimana kepadatan dari *Nannochloropsis oculata* jauh lebih besar dibandingkan dengan *Chlorella vulgaris*. Hal ini terjadi karena jumlah kepadatan awal dari kedua mikroalga tersebut tidak sama. Sehingga terjadi perbedaan kepadatan, walupun memiliki pola pertumbuhan yang hampir sama.

Variabel Pertumbuhan

Suhu

Gambar 7 menunjukkan tidak adanya peningkatan suhu yang signifikan dari kultur *Chlorella vulgaris*. Suhu paling rendah 24.5°C dan suhu tertinggi mencapai 32°C. Suhu tersebut cukup tinggi untuk pertumbuhan dan pembiakan *Chlorella vulgaris*. Hal ini sesuai dengan

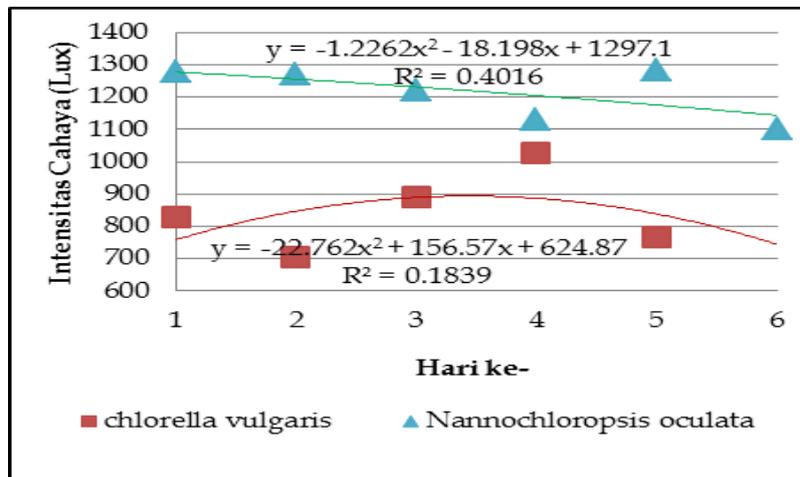
pendapat Pulz (2001) dalam Pratama (2011), yang menyatakan bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan *Chlorella vulgaris* berkisar antara 23-30°C. Selain itu, suhu dapat juga mempengaruhi kondisi kesetimbangan respirasi dan fotosintesis. Suhu yang meningkat menyebabkan respirasi juga meningkat yang mengakibatkan kemampuan berfotosintesis akan menurun.



Gambar 4.5. Grafik Suhu Media Kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*. Sedangkan suhu untuk kultur *Nannochloropsis oculata* juga dapat dilihat pada Gambar 7. Grafik tersebut juga tidak menunjukkan adanya kenaikan yang signifikan pada kultur *Nannochloropsis oculata*. Dimana suhu terendah yang terjadi sebesar 26°C, kondisi ini lebih tinggi 1.5°C dari *Chlorella vulgaris*. Sedangkan untuk suhu tertingginya hanya 31.5°C.

Intensitas Cahaya

Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama proses kultur *Chlorella vulgaris*, nilai intensitas cahaya yang terjadi berkisar antara 631 – 1610 lux. Intensitas tertinggi sebesar 1610 lux terjadi pada hari ke-5. Hal ini terjadi karena cuaca pada lingkungan kultur cukup cerah. Sedangkan kondisi intensitas cahaya yang hanya mencapai 631 lux terjadi pada hari ke-6, kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 4.6. Grafik Intensitas Cahaya Media Kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*

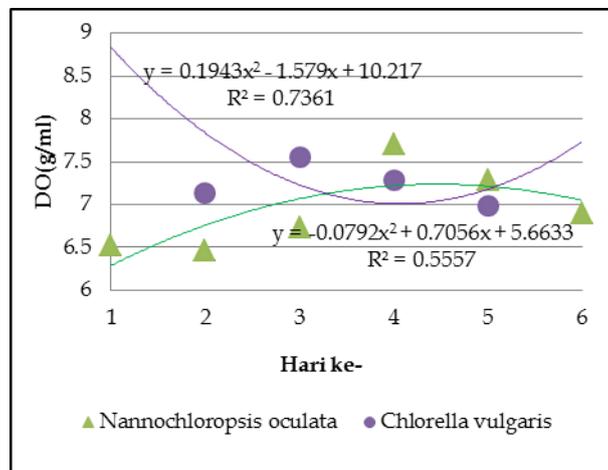
Sedangkan untuk intensitas cahaya pada kultur *Nannochloropsis oculata* dapat dilihat pada Gambar 8. Dimana pada penelitian ini, nilai intensitas berkisar antara 1035-1550 lux. Perbedaan nilai yang cukup jauh dari kondisi kultur *Nannochloropsis oculata* dan *Chlorella vulgaris* disebabkan oleh penempatan sumber cahaya bantuan yang berasal dari lampu TL berbeda. Pada kultur *Chlorella vulgaris*, lampu TL diletakkan di sisi samping fotobioreaktor. Sedangkan pada kultur *Nannochloropsis oculata*, lampu TL diletakkan di depan fotobioreaktor. Hal tersebut

dilakukan karena pada kultur *Chlorella vulgaris* terjadi kematian pada hari ke-6. Sehingga dilakukan perubahan peletakan lampu TL, supaya penyinaran dapat optimal.

Kadar Oksigen Terlarut (DO)

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, konsentrasi oksigen terlarut untuk kultur *Chlorella vulgaris* berkisar antara 6.31-9.22 gr/ml. Konsentrasi DO tertinggi dicapai pada hari pertama. Hal ini menunjukkan proses fotosintesis yang terjadi di dalam media tidak berlangsung dengan baik, sehingga konsentrasi DO menurun.

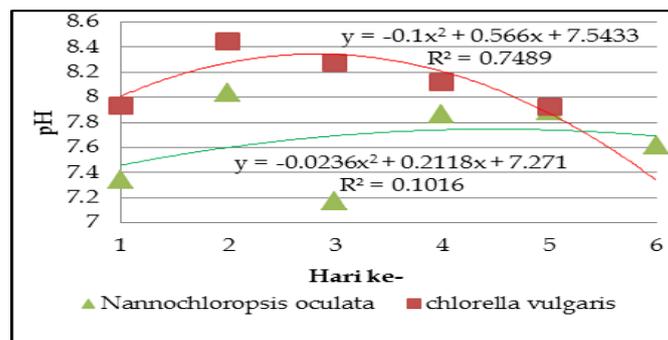
Sedangkan pada media kultur *Nannochloropsis oculata*, konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 5.86-7.57 gr/ml. Konsentrasi DO tertinggi dicapai pada hari ke-6. Dapat dilihat dari Gambar 9, besarnya nilai DO bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses fotosintesis berjalan tidak lancar, yang diduga karena kondisi lingkungan serta pencahayaan pada fotobioreaktor. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Cole (1983). Nilai dari konsentrasi DO bertolak belakang dengan nilai suhu. Semakin meningkatnya suhu pada media pengkulturan, maka nilai konsentrasi DO semakin menurun.



Gambar 4.7. Grafik Kadar Oksigen Terlarut Media Kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*

Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan untuk kultur *Chlorella vulgaris*, derajat keasaman atau pH berkisar antara 7.55-8. Derajat keasaman tertinggi terdapat pada hari ke-2 dengan nilai 8.56 dan yang terendah pada hari ke-6 sebesar 7.55. pH tersebut tergolong sudah sesuai untuk media tumbuh mikroalga. Perubahan pH yang terjadi pada media kultur disebabkan oleh aktifitas pertumbuhan dari *Chlorella vulgaris*. Peningkatan nilai pH pada media kultur menunjukkan adanya peningkatan jumlah kepadatan dari mikroalga.

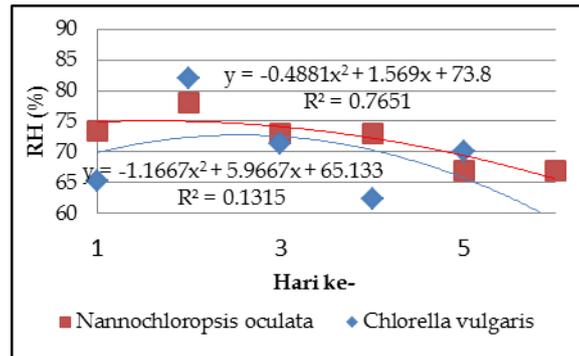


Gambar 4.8. Grafik pH Media Kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*

Sedangkan untuk media kultur dari *Nannochloropsis aculata*, derajat keasaman berkisar antara 7.16-8.2. Derajat keasaman tertinggi dicapai pada hari ke-2 dan terendah pada pertama yang ditunjukkan oleh Gambar 10. Derajat keasaman dari media kultur tersebut sudah sesuai dengan kondisi tumbuh dari *Nannochloropsis oculata* seperti yang diungkapkan oleh Converti (2009) dalam Masithah (2011).

Kelembaban (RH)

Grafik kelembaban lingkungan media kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata* disajikan dalam Gambar 11.

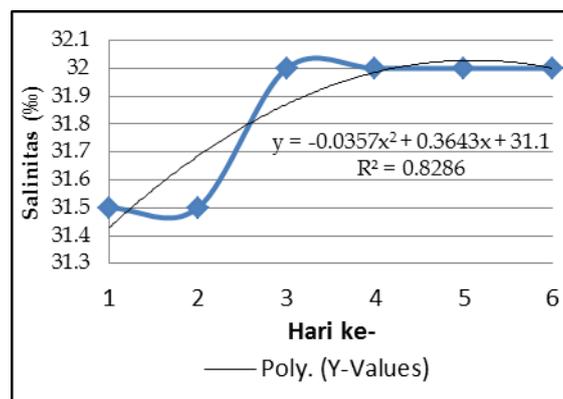


Gambar 4.9. Grafik RH Media Kultur *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa, kelembaban lingkungan pada kultur *Chlorella vulgaris*, nilai kelembaban tertinggi sebesar 90% pada hari ke-2. Dan untuk kelembaban terendah sebesar 59% pada hari pertama (dapat dilihat pada Gambar11). Sedangkan pada lingkungan kultur *Nannochloropsis oculata*, nilai kelembaban tertinggi sebesar 95% pada hari ke-2. Dan untuk kelembaban terendah sebesar 60% pada hari ke-5 dan ke-6.

Salinitas

Pada penelitian ini, untuk media kultur dari *Nannochloropsis oculata* memiliki salinitas berkisar antara 31-32 ppt. Kondisi ini sudah sesuai dengan nilai salinitas untuk pertumbuhan mikroalga yang berkisar antara 30-32 ppt (Converti, 2009). Berdasarkan Gambar 12, terjadinya kenaikan salinitas pada hari ke-2. Hal ini diduga disebabkan karena terjadinya penguapan akibat suhu tinggi. Sehingga kadar garamnya menjadi meningkat.



Gambar 4.10. Grafik Salinitas pada Kultur *Nannochloropsis oculata*

Kadar Lipid

Berdasarkan pengamatan terhadap kadar lemak yang dilakukan, kadar lipid *Chlorella vulgaris* sebesar 1,92 %. Hasil tersebut lebih sedikit dibandingkan dengan hasil penelitian yang

dilakukan oleh Becker (2004), yaitu sebesar 14-22% dari berat kering. Hal ini terjadi karena terjadi kematian sebelum dilakukan pemanenan, yaitu pada hari ke-5 menjadi penyebab rendahnya kadar lipid. Sedangkan untuk *Nannochloropsis oculata*, kadar lipid yang dihasilkan 5,43%. Hasil tersebut lebih tinggi dari hasil rata-rata dari penelitian yang dilakukan oleh Rizky (2010) dalam Masithah (2011), yaitu sebesar 4,29%.

KESIMPULAN

Mikroalga jenis *Nannochloropsis oculata* dapat bertahan hidup lebih lama dibandingkan dengan mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* dan *Chlorella sp.* dalam fotobioreaktor dengan sistem *batch* tersirkulasi. Variabel pertumbuhan secara umum yang diamati meliputi suhu, intensitas cahaya, DO, derajat keasaman (pH) dan kelembaban memberikan pengaruh terhadap proses produksi mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambar, Danang Prabowo. 2009. **Optimasi Pengembangan Media Pertumbuhan *Chlorella sp.* Pada Skala Laboratorium**. Skripsi. IPB. Bogor
- Arikunto, Suharsimi. 2006. **Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik**. Rineka Cipta: Jakarta.
- Becker, W. 2004. *Microalga in Human and Animal Nutrition*. **Handbook of Microalgae Culture**. Oxford : Blackwell, 312-351
- Cahyaningsih S dan Mei AN. 2006. **Petunjuk Teknis Produksi Pakan Alami**. Balai Benih Air Payau (BBAP), Situbondo
- Chisti, Yusuf. 2007. "Biodiesel From Microalgae", *Biotechnology Advances*, Vol. 25, hal.294-306. **Institute of Technology and Engineering, Massey University, Private Bag 11 222, Palmerston North, New Zealand**
- Haryo, R. Bimo Setiarto. 2011. **Pemanfaatan Mikroalga Untuk BBM**. Dilihat 16 Januari 2013. <http://biologi.lipi.go.id/bio_indonesia../mTemplate.php?h=3&id_berita=303/>
- Masithah, Siti F. 2011. **Perancangan Bioreaktor Untuk Budidaya Mikroalga**. SKRIPSI. Universitas Brawijaya. Malang
- Zulnaidi. 2007. **Metode Penelitian**. USU. Medan