



TUGAS AKHIR - SB184830

POLA PERTUMBUHAN MIKROALGA Chlorelloid PADA CEKAMAN ABIOTIK SECARA IN VITRO : STUDI LITERATUR

Shalsabella Khoirotnun Nisa'

01311640000005

Dosen Pembimbing:
Dini Ermavitalini, S.Si.,M.Si.

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



TUGAS AKHIR - SB184830

**POLA PERTUMBUHAN MIKROALGA Chlorelloid
PADA CEKAMAN ABIOTIK SECARA IN VITRO :
STUDI LITERATUR**

Shalsabella Khoirotun Nisa'

0131164000005

**Dosen Pembimbing:
Dini Ermavitalini, S.Si., M.Si.**

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



FINAL PROJECT - SB-184830

Chlorelloid GROWTH PATTERN ABIOTICS STRESSES IN VITRO: A LITERATURE STUDY

Shalsabella Khoirotun Nisa'

0131164000005

Supervisor :

Dini Ermavitalini, S.Si.,M.Si.

**DEPARTEMENT OF BIOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

POLA PERTUMBUHAN MIKROALGA Chlorelloid PADA CEKAMAN ABIOTIK SECARA IN VITRO : STUDI LITERATUR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Departemen Biologi
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SHALSABELLA KHOIROTUN NISA'
NRP. 0131164000005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dini Ermavitalini, S.Si.,M.Si



(Pembimbing 1)

Surabaya, 23 Juli 2020

Mengetahui,
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dewi Hidayati, S. Si., M.Si.
NIP. 196911211998022001

POLA PERTUMBUHAN MIKROALGA Chlorelloid
PADA CEKAMAN ABIOTIK SECARA IN VITRO :
STUDI LITERATUR

Nama : Shalsabella Khoirotnun Nisa'
NRP : 01311640000005
Departemen : Biologi
Dosen Pembimbing : Dini Ermavitalini, S, Si., M. Si.

Abstrak

Mikroalga merupakan organisme fotosintesis mikroskopis yang ditemukan di lingkungan air laut dan air tawar. Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh faktor abiotik yaitu salinitas, kandungan nutrient dan nilai pH. Penelitian ini bertujuan Mendapatkan gambaran pola pertumbuhan mikroalga Chlorelloid pada cekaman abiotik berupa cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient serta cekaman pH. Mikroalga yang teramati pada penelitian ini merupakan jenis mikroalga Chlorelloid. Hasil dari penelitian dari berbagai cekaman salinitas, cekaman nutrient dan cekaman pH. Cekaman salinitas diatas 25-35‰ mengakibatkan penurunan kepadatan sel dari $177,6 \times 10^6$ sel/ml menjadi $73,66 \times 10^6$ sel/ml, Pada cekaman nutrient, ketika mikroalga tidak diberi nutrient berupa nitrat dan phospat jumlah sel mikroalga sebesar 1,20 g/L sedangkan jika diberi nutrient jumlah selnya meningkat sebesar 1,88 g/L. Sedangkan pada cekaman pH dapat mengakibatkan pergeseran fase eksponensial dari hari ke 10 menjadi hari ke 9 dan mengalami penurunan kepadatan sel secara tajam setelah fase eksponensial akibat meningkatnya nilai pH pada medium.

Kata kunci: Pola pertumbuhan, Salinitas, Nutrient, Nilai pH

Chlorelloid GROWTH PATTERN ABIOTICS STRESSES IN VITRO: A LITERATURE STUDY

Student name : ShalsabellaKhoirotunNisa'
NRP : 01311640000005
Departement : Biology
Supervisor : Dini Ermavitalini, S, Si., M. Si.

Abstract

Microalgae is a microscopic photosynthetic organism which is found in the environment of sea water and fresh water. Microalgae growth is influenced by abiotic factors, namely salinity, nutrient content and pH value. This research aims to get a picture of the growth pattern of Chlorelloid microalgae in abiotic stress in the form of salinity stress, nutrient reduction stress and pH stress. The microalgae observed in this study were Chlorelloid microalgae. Results from studies of various salinity stresses, nutrient stresses and pH stresses. Salinity stress above 25-35 ‰ results in a decrease in cell density from 177.6×10^6 cells / ml to 73.66×10^6 cells / ml, in nutrient stress, when microalgae are not given nutrients in the form of nitrates and phosphate the number of microalgae cells is 1.20 g / L whereas if given nutrients the number of cells increases by 1.88 g / L. Whereas the stress of pH can result in a shift in the exponential phase from day 10 to day 9 and a sharp decrease in cell density after the exponential phase due to increased pH in the medium.

Key words: Growth patterns, Salinity, Nutrients, pH value

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **POLA PERTUMBUHAN MIKROALGA Chlorelloid PADA CEKAMAN ABIOTIK SECARA IN VITRO : STUDI LITERATUR.** Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019 hingga Februari 2020. Penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) pada Departemen Biologi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mendapatkan banyak sekali do'a dan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada Ibu Dini Ermavitalini, S.Si., M.Si. selaku pembimbing Tugas Akhir yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, waktu, dan nasihat dalam proses penyusunan laporan dari awal hingga selesai; Ibu Nur Hidayatul Alami, S. Si., M.Si. dan Ibu Kristanti Indah Purwani, S. Si., M.Si. selaku penguji yang memberikan masukan dalam penyusunan laporan; Orang tua dan teman-teman angkatan 2016 yang memberikan semangat, doa, dan kerja sama dalam proses berjalannya penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, namun penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, 24 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	vii
Abstrak	ix
Abstract	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mikroalga	5
2.1.1 Mikroalga Chlorelloid	7
2.2 Pertumbuhan Mikroalga	8
2.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga.....	11
2.4 Cekaman Salinitas.....	12
2.5 Cekaman Pengurangan Nutrient.....	12
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Cara Kerja.....	15
3.2.1 Penelitian di Laboratorium.....	15
3.2.2 Penelitian Studi Literatur.....	15
BAB IV HASIL dan Pembahasan.....	19
4.1 Mikroalga Chlorelloid dan Faktor Lingkungan.....	19
4.2 Pola Pertumbuhan Isolat B1 dengan Perlakuan Sainitas.....	23
4.3 Pola Pertumbuhan Mikroalga Chlorelloid dengan Perlakuan Nutrien.....	34

4.4 Pola Pertumbuhan Mikroalga Chloreloid dengan Perlakuan Cekaman pH.....	38
BAB V Kesimpulan.....	41
Daftar Pustaka . . .	43
Lampiran.....	51
Biodata Penulis.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Isolat Mikroalga B1	6
Gambar 2.2 Kelompok Chlorelloid.....	8
Gambar 2.2 Fase Pertumbuhan Mikroalga	8
Gambar 4.1. Mikroalga Chlorelloid.....	20
Gambar 4.2 Kultur Starter Mikroalga.....	23
Gambar 4.3 Pertumbuhan mikroalga isolat B1 Chlorelloid pada konsentrasi cekaman salinitas dengan konsentrasi NaCl 0 M, 0,25 M, 0,5 M dan 1 M.....	24
Gambar 4.4 Perubahan Warna Mikroalga.....	29
Gambar 4.5 Pertumbuhan Chlorelloid pada Cekaman Salinitas yang Berbeda.....	30
Gambar 4.6 Pertumbuhan Chlorelloid pada Cekaman Salinitas yang Berbeda.....	32
Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan Chlorella sp pada Konsentrasi Nutrien.....	35
Gambar 4.8 Grafik Pertumbuhan Chlorella sp Dengan dan Tanpa Nutrien.....	36
Gambar 4.9 Diagram Batang Rata-rata Kerapatan Sel dengan pH awal Berbeda... ..	39
Gambar 4.10 Kurva Pertumbuhan Mikroalga Chlorella Vulgaris setelah Penambahan pH.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema Kerja.....	51
Lampiran 2 Isolasi Kultur.....	52
Lampiran 3 Perlakuan Salinitas.....	53
Lampiran 4 Perubahan Warna Mikroalga	54
Lampiran 5 Perhitungan Jumlah Sel.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan yang berklorofil dan bisa memiliki satu sel atau banyak sel dengan membentuk koloni. Beberapa mikroalga tersusun dengan struktur kompleks yang terdiri dari dinding sel, membran sel, kloroplas, mitokondria, ribosom dan inti sel (Yanuhar, 2016). Penelitian ini akan menggunakan mikroalga uji yaitu isolate B1 yang diisolasi dari peraran mangrove Kecamatan Sepuluh Bangkalan (Pascal dan Ermavitalini, 2019). Berdasarkan studi literature, mikroalga isolate B1, merupakan mikroalga golongan Chlorelloid (Rumaraj, 2016). Mikroalga chlorelloid memiliki ciri ciri sel mikroskopis berbentuk bola dengan diameter 2-10 μm dan memiliki banyak elemen struktural yang mirip dengan tanaman. masing-masing sel koloni berada pada kisaran 10 μm . Sel berwarna hijau, uniseluler, berbentuk bulat (Rumaraj, 2016). Mikroalga Chlorelloid dimanfaatkan sebagai sumber penghasil antioksidan karena memiliki nilai gizi yang baik dan senyawa- senyawa bioaktif alami seperti karotenoid, senyawa fenol, sulfat polisakarida dan vitamin yang salah satu fungsi dari senyawa bioaktif tersebut dapat mempengaruhi regulasi sel, respon kekebalan tubuh dan sebagai antioksidan (Novianti,2019).

Pola pertumbuhan mikroalga dapat dilihat dari bertambahnya jumlah sel, ukuran sel dan biomassa pada mikroalga (Sari,2012). Pola pertumbuhan mikroalga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor abiotik yaitu salinitas, kandungan nutrient pada medium dan nilai pH. Salinitas yang tinggi mempengaruhi mekanisme osmoregulasi yang secara langsung akan mempengaruhi proses metabolisme, proses respirasi serta menghambat perkembangbiakkan sel vegetatif yang selanjutnya secara bertahap akan mempengaruhi kepadatan sel populasi mikroalga (Rao, 2007). Kadar salinitas yang berubah ubah dapat menimbulkan hambatan pada aktifitas sel, perbedaan salinitas dapat mempengaruhi kecepatan sel menuju puncak

(Rudiyanti,2011). Faktor nutrisi adalah salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pertumbuhan mikroalga. Nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga terdiri dari makronutrisi dan mikronutrisi. Penambahan nutrisi pertumbuhan ke dalam media kultur mikroalga dinilai merupakan aspek yang paling berpengaruh terhadap kuantitas biomassa dan jumlah sel hasil kultivasi mikroalga (Juniantari,2015). Nilai pH merupakan salah satu faktor lingkungan perairan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan organisme. Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga. Dalam kehidupan laut, pH dapat menjadi faktor penting yang mengatur perubahan suhu, oksigen terlarut, dan kelimpahan serta distribusi mikroalga (Sukmawan,2014).

Pola pertumbuhan mikroalga penting untuk diamati sebagai acuan untuk bisa memproduksi mikroalga secara massal. Selain itu pola pertumbuhan mikroalga bermanfaat untuk mengetahui masa panen mikroalga, kepadatan sel mikroalga dan biomassa yang dihasilkan saat kultur massal dan juga bisa mengetahui kandungan senyawa bioaktif yang ada pada mikroalga (Prayitno,2016).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pola pertumbuhan mikroalga Chlorelid pada cekaman abiotik berupa cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient dan cekaman pH ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Pembahasan pada naskah tugas akhir ini akan membahas data pola pertumbuhan pada cekaman salinitas yang dihasilkan sebagai data pribadi yang dipadukan dan di komparasikan dengan data pada jurnal ilmiah berupa pola pertumbuhan mikroalga pada cekaman abiotik berupa salinitas, cekaman pengurangan nutrient dalam medium dan cekaman pH.
2. Mikroalga yang dibahas dalam studi literature ini adalah mikroalga golongan Chlorelid.

3. Pola pertumbuhan mikroalga yang dipelajari dan disimpulkan adalah pola pertumbuhan pada kondisi cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient dalam medium dan cekaman pH.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mendapatkan gambaran pola pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid* pada cekaman abiotik berupa cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient dalam medium serta cekaman pH.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai informasi untuk penelitian selanjutnya mengenai pola pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid* yang dicekam oleh faktor abiotik berupa cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient dalam medium dan cekaman pH sehingga menghasilkan biomassa yang tepat dalam produksi senyawa bioaktif.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

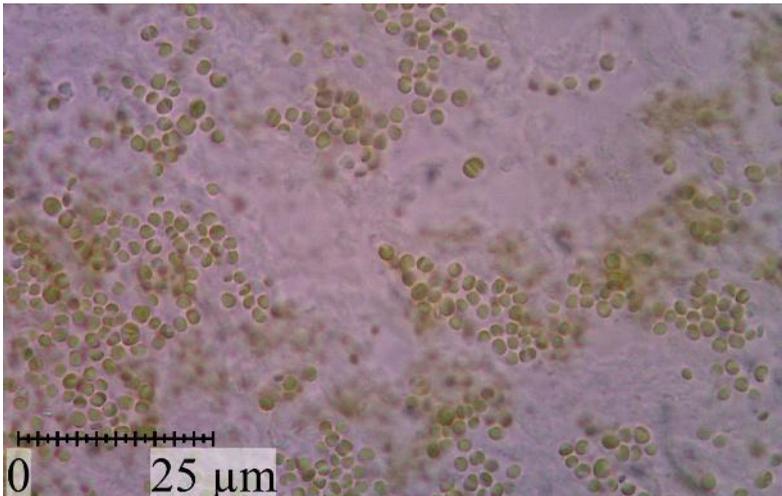
2.1 Mikroalga

Mikroalga atau ganggang adalah organisme perairan yang dapat melakukan fotosintesis dan hidup dari nutrisi anorganik dan menghasilkan zat-zat organik melalui proses fotosintesis (Imelda, 2018). Mikroalga merupakan organisme fotosintesis mikroskopis yang ditemukan di lingkungan air laut dan air tawar (Priyadarshani, 2012). Mikroalga termasuk kelompok tumbuhan yang berklorofil yang bisa memiliki satu sel atau banyak sel dengan membentuk koloni. Mikroalga tersusun dengan struktur kompleks yang terdiri dari dinding sel, membran sel, kloroplas, mitokondria, ribosom dan inti sel (Yanuhar, 2016).

Berdasarkan jenis ukuran dan bentuknya, mikroalga mempunyai ukuran bervariasi, mulai dari 2-200 μ m. Untuk mikroalga sel-sel individual, berbentuk seperti bola dan juga berbentuk batang atau filamen. Di dalam strukturnya, sel-sel tunggal dapat membentuk koloni secara teratur untuk menghasilkan struktur rapat dan lebih kompleks (Yanuhar, 2016). Mikroalga memiliki berbagai potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber pakan, pangan dan telah dimanfaatkan dalam berbagai macam keperluan dibidang perikanan sebagai makanan larva ikan, organisme penyaring, industri farmasi (Imelda, 2018). Kebanyakan mikroalga dapat menghasilkan kandungan senyawa yang tinggi, seperti protein, lipid, karbohidrat, asam lemak, vitamin, pigmen dan bahkan menumpuk metabolit sekunder, seperti astaxanthin, lutein dan β -karoten dalam kondisi stres tertentu (Liu, 2018). Mikroalga dapat hidup bebas mengapung (planktonik) atau tumbuh menempel pada substrat. Mikroalga memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, berupa uniseluler atau multiseluler atau berkoloni. (Levine dan Fleurence, 2018).

Isolate mikroalga B1 yang telah diteliti diduga merupakan chlorelloid yang memiliki karakteristik yaitu sel: uniseluler, berbentuk *spherical* (bulat) hingga *ellipsoid* (oval) tanpa flagela, memiliki satu kloroplas yang bersifat parietal, dan berkembang biak secara aseksual dengan menghasilkan autospora (Skaloud, 2014). Berdasarkan gambar 2.1 dibawah ini dari hasil pengamatan

terdahulu (Pascal dan Ermavitalini,2019) dapat diketahui bahwa sel mikroalga berbentuk bulat tanpa flagela dan memiliki diameter 1,3-2,5 μm . Sebagian sel bersifat soliter dengan terpisah dari sel-sel lain, namun sebagian sel lain menempel satu sama lain. Memiliki satu kloroplas berukuran besar dan hampir memenuhi sel. Kloroplas tersebut terletak pada satu bagian sel sehingga bagian sel tersebut berwarna hijau, sedangkan pada bagian yang tidak terdapat kloroplas tidak berwarna (transparan). Pada hasil pengamatan juga terdapat mikroalga yang membentuk dua autospora.



Gambar 2.1 Isolat Mikroalga B1
(Pascal dan Ermavitalini,2019).

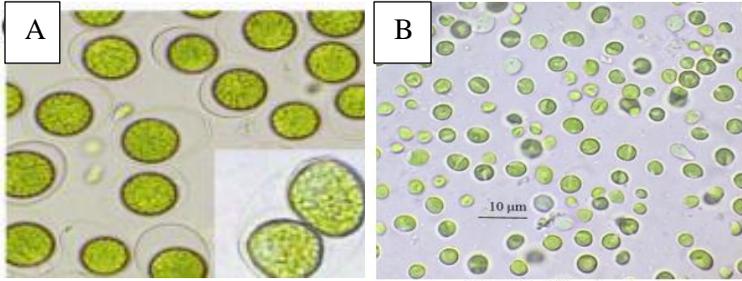
2.2 Jenis Mikroalga Chlorelloid

Chlorelloid adalah fitoplankton yang sering dijumpai di perairan umum, baik itu perairan tawar maupun perairan laut. Contoh dari mikroalga yang masuk dalam golongan Chlorelloid adalah *Chlorella* sp dan *Dunaliella* sp. *Chlorella* sp. merupakan salah satu mikroalga yang sering dibudidayakan untuk berbagai keperluan seperti obat-obatan, kosmetik, atau untuk alternatif biodiesel. Sifat kosmopolitan *Chlorella* sp mampu hidup di mana-

mana. Pertumbuhan *Chlorella* sp yang dikultur sangat ditentukan oleh ketersediaan nutrisi (unsur hara) dan kondisi lingkungan. Faktor pembatas dalam budidaya *Chlorella* sp adalah nitrat dan fosfat. Beberapa manfaat *Chlorella* sp diantaranya: (1) berkembangbiak dengan cepat pada kondisi tumbuhnya, (2) mudah dalam membudidayakan, (3) menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis, dan (4) mengandung protein yang tinggi dengan komponen utama asam amino (Apriliyanti,2016).

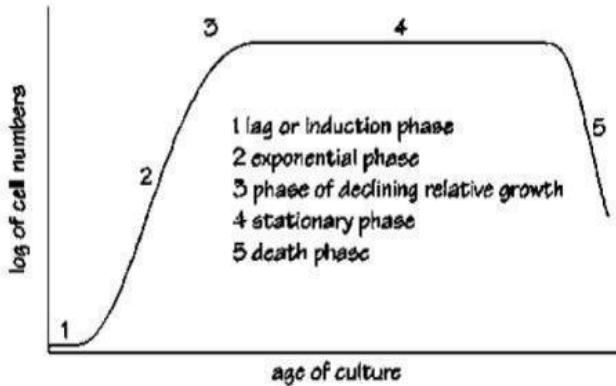
Selain nutrisi dan kondisi lingkungan yang sesuai dengan *Chlorella* sp, inokulum juga merupakan faktor yang sangat penting di dalam kultur *Chlorella* sp karena kultur tidak mungkin dilaksanakan tanpa adanya inokulum. *Chlorella* sp adalah salah satu jenis alga hijau bersel satu. Selnya berdiri sendiri dengan berbentuk bulat atau bulat telur dengan diameter 3 – 8 mikron, memiliki kloroplas berbentuk seperti cawan dan dindingnya keras. Warnanya hijau cerah, hidup dipermukaan air tawar, namun ada juga yang hidup di air asin. *Chlorella* sp dapat bergerak tetapi sangat lambat sehingga pada pengamatan seakan – akan tidak bergerak. Mikroalga ini dapat tumbuh pada salinitas 25– 35 ppt. Mikroalga ini masih dapat bertahan hidup pada suhu 40° C, tetapi tidak tumbuh. Kisaran suhu 25 – 30°C merupakan kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan alga ini (Apriliyanti,2016).

Dunaliella sp yang termasuk dalam kelas Chloropyceae, yang kaya akan kandungan β karoten dan gliserol (Ben-Amotz, 1982; Erlania, 2009). Selanjutnya Erlania (2009) mengemukakan bahwa *Dunaliella* sp mengandung 14% β -karoten dari bobot keringnya, sehingga telah dimanfaatkan sebagai bahan fortifikasi pangan di Eropa serta merupakan sumber makanan yang tidak bersifat toksin. *Dunaliella* sp dibudidayakan sebagai sumber pakan bagi ikan. Namun saat ini *Dunaliella* sp juga merupakan salah satu mikroalga yang dikembangkan sebagai sumber bahan pangan bagi manusia. *Dunaliella* sp dapat hidup dan berkembang dengan baik pada kondisi perairan yang sesuai. Eksistensinya sangat ditentukan oleh interaksi terhadap faktor fisika, kimia dan biologi di dalam perairan tersebut (Padang,2018).



Gambar 2.2 Mikroalga Chlorelloid
 Keterangan : (A) Mikroalga *Dunaliella* sp (Keerthi,2016) (B) Mikroalga *Chlorella* sp (Rumaraj, 2016).

2.3 Pertumbuhan Mikroalga



Gambar 2.3 Fase Pertumbuhan Mikroalga
 (Prayitno,2016)

Secara umum pertumbuhan mikroalga terjadi pada tiga kondisi yang berbeda, yaitu kondisi fototropik (phototrophic conditions), kondisi heterotropik (heterotrophic conditions) dan kondisi mixotropik (mixotrophic conditions). Pada kondisi tumbuh secara fototropik mikroalga sangat bergantung cahaya matahari sebagai sumber energi dan CO₂ sebagai sumber karbon.

Kondisi ini sering disebut juga autotropik fotosintesis (autotrophic photosynthesis). Pada kondisi heterotropik pertumbuhan mikroalga membutuhkan substrat karbon organik sebagai sumber energi (Gultom, 2018). Beberapa sumber substrat karbon organik yang umum digunakan antara lain: glukosa, asetat dan gliserol. Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dilaporkan bahwa produksi biomassa serta kandungan lipid pada mikroalga yang tumbuh dengan kondisi heterotropik lebih tinggi dari yang tumbuh pada kondisi fototropik (Miao and Wu 2006; Mosojídek et al., 2008). Pada kondisi ini juga densitas sel mikroalga yang dicapai lebih tinggi dari kondisi fototropik sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pemanenan lebih rendah. Beberapa jenis mikroalga juga mampu tumbuh pada kondisi mixotropik yang merupakan perpaduan antara fototropik dan heterotropik. Jenis mikroalga tersebut dapat mengasimilasi cahaya matahari dan karbon organik sebagai sumber energinya baik secara bersamaan maupun secara bergantian (Gultom, 2018).

Pertumbuhan mikroalga memiliki beberapa fase yaitu fase lag, log, stasioner dan kematian (Flynn 2019). Fase lag merupakan fase dimana mikroalga menyesuaikan diri dengan lingkungannya, fase log merupakan fase pertumbuhan mikroalga yang cepat, ditandai dengan aktifnya sel-sel yang dapat diamati, fase stasioner merupakan fase di mana laju tumbuh dan kematian seimbang sehingga jumlah total mikroalga yang hidup tetap, fase kematian merupakan fase penurunan pertumbuhan dan berakhir pada fase kematian sel (Istirokhatun, 2017).

Selain memiliki beberapa fase dalam pertumbuhan mikroalga juga memiliki doubling time dalam pertumbuhannya. Waktu generasi yang paling rendah merupakan waktu tersingkat yang dibutuhkan satu (generasi) populasi untuk tumbuh menjadi 2 kali lipat atau generasi selanjutnya. Semakin tinggi nilai waktu penggandaan, maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan sel untuk penggandaan dan begitu sebaliknya. Senjaya dkk (2017) menyatakan bahwa dimana specific growth rate yang tinggi akan menghasilkan doubling time yang semakin kecil, dan sebaliknya (Singgalingging, 2019). Lamanya waktu yang dibutuhkan

mikroalga untuk melangsungkan pembelahan sel akan berimplikasi terhadap kecepatan pertumbuhan. Semakin cepat waktu yang dibutuhkan mikroalga untuk melakukan pembelahan atau menggandakan sel, maka produksi sel perharinya pun akan ikut meningkat. Mikroalga, khususnya *Chlorella* sp membutuhkan waktu untuk menggandakan (doubling time) sekitar 24 jam untuk menghasilkan 10.000 sel (Utami, 2012). Pola pertumbuhan mikroalga ditandai dengan banyaknya jumlah sel, ukuran sel dan biomassa (Widianingsih,2011).

Jumlah sel merupakan kepadatan sel mikroalga yang dinyatakan dalam sel/ml. Pertumbuhan mikroalga umumnya diukur dari kepadatan sel pada setiap volum kultur (sel/ ml). Setiap jenis mikroalga memiliki kemampuan berbeda dalam mengkonsumsi media tumbuh yang ditambahkan ke dalam wadah kultivasi sehingga menyebabkan perbedaan kepadatan sel. Pertambahan jumlah sel mikroalga biasanya akan terjadi pada fase lag atau fase eksponensial. Selama fase ini sel membelah dengan cepat, sel-sel dalam keadaan stabil dan jumlah sel bertambah. Pembelahan sel terjadi pada fase ini dikarenakan nutrisi dan lingkungan kultivasi pertumbuhan mikroalga masih mendukung. Namun pada fase stasioner mengalami penurunan pada jumlah sel dibanding ketika fase eksponensial dan laju reproduksi sama dengan laju kematian sehingga penambahan dan pengurangan jumlah sel mikroalga seimbang sehingga kepadatan relatif konstan (Musdalifah, 2015).

Pertambahan jumlah sel pada mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu intensitas cahaya, salinitas, kandungan nitrat, pH dan suhu. Intensitas cahaya yang tinggi dapat mempengaruhi laju fotosintesis mikroalga, aktivitas fotosintesis naik seiring dengan kenaikan intensitas cahaya, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan sel mikroalga (Wahyuni, 2018). Faktor salinitas sangat penting karena, berpengaruh terhadap tekanan osmotik tubuh. Produktivitas dan daya adaptasi berbagai jenis mikroalga diduga berkaitan erat dengan tingkat salinitas lingkungannya. Besar kecilnya kadar salinitas berpengaruh terhadap tekanan osmose dan mekanisme osmoregulasi yang secara langsung akan mempengaruhi proses metabolisme, proses

respirasi serta menghambat proses pembiakan sel vegetatif selanjutnya secara bertahap akan mempengaruhi jumlah kepadatan populasi sel mikroalga (Sukmawan,2014). Jumlah sel mikroalga akan mempengaruhi produksi biomassa pada mikroalga.

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga

Faktor pertumbuhan mikroalga mempengaruhi hasil biomassa, maupun jenis produk yang diinginkan. Terkadang biomassa yang sedikit menghasilkan produk yang diinginkan dalam jumlah banyak, untuk itu diperlukan optimasi komposisi yang seimbang antara banyaknya biomassa dan banyaknya produk dalam biomassa mikroalga. Beberapa faktor penting bagi produksi mikroalga skala massal di antaranya (1) intensitas cahaya, (2) suhu, (3) media pertumbuhan (4) pH, dan (5) salinitas (Nur, 2014).

Intensitas cahaya adalah komponen utama yang dibutuhkan mikroalga untuk pembentukan biomassa dan proses fiksasi karbon. Seperti halnya CO₂ dan nutrisi, mikroalga memerlukan cahaya dengan intensitas tertentu. Peningkatan intensitas cahaya menyebabkan fase eksponensial menjadi semakin tajam. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan proses fotosintesis terhenti karena adanya mekanisme jenuh cahaya. Kelebihan cahaya tersebut dirubah menjadi panas sehingga suhu kultur naik (Prayitno, 2016).

Salinitas adalah faktor eksternal yang dapat menjadi pemicu utama stress dan penghambat pertumbuhan pada biota darat dan air. Salinitas yang ekstrim akan menyebabkan tekanan osmotik dan atau pertukaran ion yang berpengaruh terhadap metabolisme organisme fotosintetik. Sejumlah penelitian telah menemukan efek salinitas terhadap bioenergetik mikroalga, produksi lemak, pertumbuhan dan produksi karoten, dan pertumbuhan serta komposisi biokimia (Djunaedi, 2017).

Faktor lain yang juga mempengaruhi jumlah sel mikroalga adalah kandungan nutrient pada media pertumbuhan. Media pertumbuhan yang mengandung jumlah nitrogen sedikit cenderung mempengaruhi mikroalga membentuk pigmen beta

karotin dan astaxanthin yang berfungsi dalam detoksifikasi tubuh manusia dari racun. Pigmen tersebut juga berfungsi melindungi klorofil dari kerusakan selama proses fotosintesis. Namun seiring penurunan kadar nitrogen dalam media, maka laju pertumbuhan mungkin akan berkurang, mikroalga akan cenderung membentuk kadar lipid yang lebih tinggi untuk menyimpan cadangan makannya (Nur, 2014).

Faktor berikutnya yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga adalah suhu. Suhu merupakan salah satu parameter yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup biota laut. Suhu dapat mempengaruhi secara langsung pada efisiensi proses fotosintesis. Suhu menjadi faktor pembatas bagi biota-biota perairan karena dapat mempengaruhi proses metabolisme makhluk hidup (Rudiyanti, 2011).

Faktor selanjutnya yaitu pH. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Azmi, 2016). pH dalam media kultur dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan kultur mikroalga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrisi dan mempengaruhi fisiologi sel (Wulandari, 2019).

2.5 Cekaman Salinitas

Salinitas adalah faktor eksternal yang dapat menjadi pemicu utama stress dan penghambat pertumbuhan pada biota darat dan air. Salinitas yang ekstrim akan menyebabkan tekanan osmotik dan atau pertukaran ion yang berpengaruh terhadap metabolisme organisme fotosintetik (Djunaedi, 2017). Selain itu salinitas berlebihan juga memberi efek negatif pada pertumbuhan karena stres garam menyebabkan kecenderungan mikroalga bentuk koloni pada fase pertumbuhan, menghambat fotosintesis dan menurunkan laju pertumbuhan (Suyono, 2015).

Dalam kondisi salinitas tinggi, mikroalga dirangsang untuk meningkatkan produksi lipid osmoprotectant yang diperlukan untuk melindungi mereka dari stress garam. Air salinitas tinggi mungkin berpengaruh pada osmolaritas intraseluler karena media hipertonik kondisi di atas sel mikroalga (Suyono, 2015). Salinitas

penting dalam pembentukan pigmen, produksi biomassa dan pertumbuhan sel (Zainudin, 2017). Menurut Erlina (2007), kadar garam yang berubah-ubah dalam air dapat menimbulkan hambatan bagi kultur mikroalga. Tingginya konsentrasi garam pada media yang didominasi oleh ion Na^+ dan Cl dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan osmotik yaitu antara bagian dalam sel dengan media hidupnya yang menyebabkan air dalam sel banyak keluar (Zainudin, 2017).

2.6 Cekaman Pengurangan Nutrient

Nutrient adalah faktor penting dalam produksi biomassa mikroalga dan parameter penting yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Sebagian besar mikroalga membutuhkan makronutrien seperti karbon, (C), nitrogen (N), hydrogen (H), sulfur (S), kalium (K), magnesium (Mg), dan fosfor (P). Sedangkan mikronutrient digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan sel dan metabolisme. Keberadaan mikronutrien tidak bisa diganti oleh zat lain. Kebutuhan mikronutrien juga berbeda beda berdasarkan habitat mikroalga (air laut, payau, tawar). Beberapa unsur mikronutrien di antaranya, zat besi (Fe), boron (B), mangan (Mn), vanadium (Va), silikon (Si), selenium (Se), cuprum (Cu), nikel (Ni), dan molybdenum (Mo) (Hardiyanto,2012). Diantara nutrien tersebut, N dan P sering dijadikan faktor pembatas pertumbuhan mikroalga (Kawaroe,2009). Nitrogen dalam nitrat sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktifitas biomassa mikroalga karena dibutuhkan untuk pembentuk protein dan klorofil. Nitrogen diperlukan oleh organisme mikroalga untuk pembentukan seluruh dinding sel dan jaringan (Ulya,2018).

Ketersediaan nutrien akan berkurang ketika sel telah mencapai titik maksimal sehingga ketika memasuki fase stasioner mikroalga akan kekurangan nutrien dan pertumbuhan sel menjadi terganggu. Penurunan kualitas media terjadi karena adanya sel-sel mati dan sisa metabolisme yang kemungkinan mengendap pada dasar. Pengendapan dapat diminimalkan dengan bantuan aerator yang berfungsi untuk membantu proses pengadukan dasar. Karena adanya persaingan antar sel untuk memperebutkan nutrien dan ruang yang terbatas, sel mengalami kematian sedangkan

jumlah sel yang tumbuh menjadi berkurang sehingga kepadatan sel menjadi turun (Rudiyanti,2011).

2.7 Cekaman pH

pH merupakan faktor penting yang mengatur kelimpahan dan distribusi mikroalga (Zhang,2014). Nilai pH media kultur merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis *Chlorella sp.* dalam memanfaatkan unsur hara (Prabowo, 2009). pH media berpengaruh terhadap konsentrasi CO dan pada keseimbangan antara ion bikarbonat dan arbonat selain itu pH juga dapat mempengaruhi jumlah sel pada mikroalga. pH optimum bagi pertumbuhan *Chlorella sp.* antara 7 – 8 (Regista,2017). Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga. Dalam kehidupan laut, pH dapat menjadi faktor penting yang mengatur perubahan suhu, oksigen terlarut, dan kelimpahan serta distribusi mikroalga (Sukmawan,2014).

Nilai pH yang meningkat dalam media kultur disebabkan karena adanya penguraian protein dan senyawa nitrogen (Amanatin, 2006). pH yang melebihi atau dibawah batas optimum dapat mengakibatkan penurunan kecepatan pertumbuhan mikroalga (Wahyuni,2018).

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian laboratorium dilaksanakan bulan Desember 2019 hingga Juni 2020 di Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan Departemen Biologi ITS Surabaya

3.2 Cara Kerja

Pengambilan data dilaksanakan dengan dua jenis penelitian yaitu penelitian di laboratorium dan pengumpulan bahan studi literatur berupa jurnal ilmiah nasional dan internasional.

3.2.1 Penelitian di Laboratorium, meliputi :

1. Pembuatan kultur starter

Isolat mikroalga diambil sebanyak 10% dari kultur stok. Kemudian disiapkan medium kultur starter yang berupa campuran walne dan air laut yang telah diatur pada kondisi lingkungan untuk pertumbuhan optimal mikroalga yaitu pada salinitas 25-35 ‰, pH 7-8 dan suhu 24 °C. Isolate mikroalga diambil 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam 450 ml medium. Kemudian diberi aerasi. Setelah itu dihitung optimal densitasnya dari mulai hari ke-0 dengan menggunakan haemocytometer lalu dibuat kurva pertumbuhan. Starter ditentukan pada setengah fase eksponensial, karena fase eksponensial merupakan fase pertumbuhan mikroalga yang cepat, ditandai dengan aktifnya sel-sel yang dapat diamati (Istirokhatun, 2017).

2. Pembuatan medium perlakuan cekaman salinitas

Pembuatan medium salinitas dengan konsentrasi NaCl 0,25 M dibuat dengan melarutkan 14,625 gr NaCl dalam 1000 ml medium air laut ditambah pupuk walne, medium salinitas dengan konsentrasi NaCl 0,5 M dibuat dengan melarutkan 29,25 gr NaCl dalam 1000 ml medium air laut ditambah pupuk walne, medium salinitas dengan konsentrasi 1 M NaCl dibuat dengan melarutkan

58,5 gr NaCl dalam 1000 ml medium air laut ditambah pupuk walne.

3. Perlakuan cekaman salinitas

Perlakuan cekaman salinitas dilakukan dengan mengambil 100 ml kultur starter lalu dimasukkan ke 900 ml medium cekaman salinitas konsentrasi 0, 0,25, 0,5 dan 1 M.

4. Parameter yang diamati

A. Jumlah Sel

Kepadatan jumlah sel mikroalga dihitung setiap 24 jam sekali, yang dimulai dari hari pertama sampai dengan fase keamtian. Jumlah sel dihitung dengan menggunakan haemocytometer yang diletakkan di bawah lensa objektif mikroskop dengan pembesaran 10 kali. Penentuan jumlah sel diketahui dengan cara menghitung banyaknya jumlah mikroalga yang terdapat dalam 4 kotak besar yang berukuran sisi 1 milimeter pada hemasitometer, dalam perhitungan jumlah sel juga di gunakan handcounter (Regista, 2017). Jumlah sel dihitung dalam ruang R 5 kotak sedang dalam satu kotak besar di tengah, yaitu pojok kanan dan kiri atas, pojok kanan dan kiri bawah dan tengah (Simamora, 2017). Rumus perhitungan jumlah sel adalah :

$$[(A+B+C+D+E) /5] \times 4.10^6$$

Keterangan :

(A+B+C+D+E) : jumlah sel yang di hitung dengan handcounter di ruang R

5 : Jumlah kotak yang diamati di ruang R

4.10^6 :volume setiap kotak pengamatan *haemacytometer*

3.2.2 Penelitian Studi literatur

1. Sumber data

Sebagai penelitian kepustakaan, maka sumber data ada dua macam yang akan dipaparkan sebagai berikut:

1. Sumber primer adalah suatu referensi yang dijadikan sumber utama acuan penelitian. Dalam penelitian ini, sumber primer yang digunakan adalah literatur mengenai pola pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid*, pengaruh cekaman pH dan pengaruh pengurangan nutrient pada media kultur.
2. Sumber sekunder adalah referensi-referensi pendukung dan pelengkap bagi sumber primer. Menurut Sugiyono (2012), sumber sekunder adalah sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, serta dokumen. Dalam penelitian ini, sumber sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. Literatur mengenai karakteristik mikroalga *Chlorelloid*
 - b. Literatur mengenai pola pertumbuhan *Chlorelloid* ketika dicekam oleh faktor abiotik seperti salinitas, pengurangan nutrient pada media dan nilai pH

2. Metode pengumpulan data

Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi literatur. Metode dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data kepustakaan, menyusun, mendeskripsikan sehingga diperoleh hasil berupa gambaran yang jelas tentang perkembangan penelitian pada pola pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid*. Sumber data penelitian ini mencari data-data kepustakaan yang substansinya membutuhkan tindakan pengolahan secara filosofis dan teoritis. Studi pustaka di sini adalah studi pustaka tanpa disertai uji empirik (Muhadjir, 1998). Data yang disajikan adalah data yang berbentuk kata yang memerlukan pengolahan supaya ringkas dan sistematis (Muhadjir, 1998). Pengumpulan data-data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan literatur dan buku tentang pola pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid* ketika tercekam oleh faktor abiotic seperti salinitas, pengurangan nutrient pada media dan nilai pH. Pengumpulan data tersebut kemudian dipilih, disajikan, dan dianalisis serta diolah supaya ringkas dan sistematis.

3 Teknik analisis data

Analisis adalah serangkaian upaya sederhana tentang bagaimana data penelitian pada gilirannya dikembangkan dan diolah ke dalam kerangka kerja sederhana (Zed, 2004). Data yang sudah terkumpul kemudian dianalisis untuk mendapatkan informasi, namun terlebih dahulu data tersebut diseleksi atas dasar reliabilitasnya (Mantra, 2008). Dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis berupa analisis isi (*content analysis*). Analisis ini merupakan analisis ilmiah tentang isi pesan suatu data (Muhadjir, 1998). Teknik analisis penelitian kualitatif yaitu menggunakan analisis data induktif, bersifat deskriptif dengan mencari model, pola, dan tema yang unik (Rahmat, 2009).

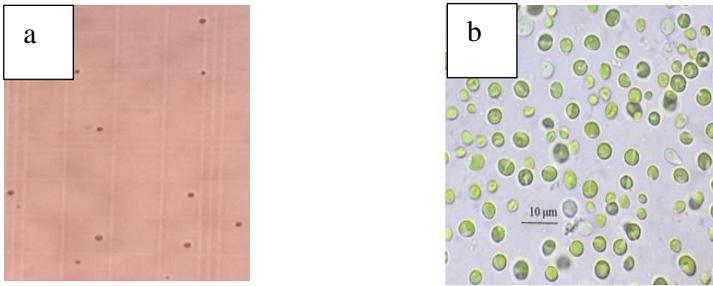
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mikroalga Chlorelloid dan Faktor Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Pertumbuhan

Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan yang berklorofil dan bisa memiliki satu sel atau banyak sel dengan membentuk koloni. Mikroalga tersusun dengan struktur kompleks yang terdiri dari dinding sel, membran sel, kloroplas, mitokondria, ribosom dan inti sel (Yanuhar, 2016). Pada penelitian ini menggunakan isolate B1 yang diperoleh dari perairan Mangrove Bangkalan hasil penelitian Pascal dan Ermavitalini, 2019 yang dicirikan sel mikroalga berbentuk bulat tanpa flagela dan memiliki diameter 1,3-2,5 μm . Sebagian sel bersifat soliter dengan terpisah dari sel-sel lain, namun sebagian sel lain menempel satu sama lain (Pascal dan Ermavitalini, 2019)

Dari studi literature yang telah dilakukan, ciri ciri yang tampak pada isolate B1 menunjukkan ciri ciri mikroalga Chlorelloid. Mikroalga golongan Chlorelloid ini memiliki karakteristik yaitu sel mikroskopis berbentuk bola dengan diameter 2-10 μm dan memiliki banyak elemen struktural yang mirip dengan tanaman. masing-masing sel koloni berada pada kisaran 10 μm . Sel berwarna hijau, uniseluler, berbentuk bulat (Rumaraj, 2016). Gambar 4.1 di bawah ini merupakan gambar hasil pengamatan isolate B1.



Gambar 4.1. Mikroalga Chlorelloid

Keterangan (a) Morfologi Chlorelloid dengan mikroskop perbesaran 40x10 (Dokumentasi Pribadi, 2020) (b) Morfologi Chlorelloid (Rumaraj,2016).

Pola pertumbuhan Mikroalga golongan Chlorelloid dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu salinitas, suhu, cahaya,pH, kandungan nitrogen dan fosfor, kadar CO₂ dan Kadar O₂ (Prayitno,2016). Salinitas adalah salah satu faktor yang mempengaruhi tekanan osmotik pada protoplasma sel dengan lingkungannya. Kadar salinitas yang berubah ubah dapat menimbulkan terganggunya pertumbuhan sel (Rudiyanti,2011). Faktor salinitas sangat penting karena, berpengaruh terhadap tekanan osmotik tubuh. Produktivitas dan daya adaptasi berbagai jenis mikroalga diduga berkaitan erat dengan tingkat salinitas lingkungannya Mikroalga Chlorelloid dapat tumbuh pada salinitas 25–35‰ (Selvika,2016). Faktor berikutnya yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga adalah suhu. Suhu merupakan salah satu parameter yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup biota laut. Suhu dapat mempengaruhi secara langsung pada efisiensi proses fotosintesis. Suhu menjadi faktor pembatas bagi biota-biota perairan karena dapat mempengaruhi proses metabolisme makhluk hidup (Rudiyanti, 2011). Mikroalga Chlorelloid masih dapat bertahan hidup pada suhu 40° C, tetapi tidak tumbuh. Kisaran suhu 25 – 30°C merupakan kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan alga ini (Apriliyanti,2016).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga berikutnya adalah cahaya. Cahaya mempengaruhi pertumbuhan

mikroalga dalam bentuk intensitas dan panjang gelombangnya (Prayitno, 2016). Mikroalga memerlukan cahaya dengan intensitas tertentu. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan proses fotosintesis terhenti karena adanya mekanisme jenuh cahaya. Kelebihan cahaya tersebut dirubah menjadi panas sehingga suhu kultur naik, sehingga menyebabkan pola pertumbuhan mikroalga menjadi terganggu (Prayitno, 2016). Kandungan nitrogen dan fosfor juga merupakan faktor yang mempengaruhi pola pertumbuhan mikroalga. Nitrogen dan fosfor adalah dua unsur yang paling dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga. Pemberian nitrogen dan fosfor pada konsentrasi tertentu meningkatkan pertumbuhan mikroalga dan fiksasi CO₂. Beberapa media tumbuh yang khusus diformulasikan untuk pertumbuhan mikroalga mengandung nitrogen dan fosfor dalam bentuk nitrat dan fosfat masing-masing sekitar 75-100 mg/L dan 5-18 mg/L. Hasil penelitian Jin *et al.* menunjukkan bahwa pemberian nitrat pada konsentrasi 15-20 ppm selain menaikkan kepadatan sel juga memperpanjang waktu fase eksponensial lebih dari 3 hari (Prayitno, 2016).

Faktor selanjutnya yang dapat mempengaruhi pola pertumbuhan mikroalga adalah kadar CO₂. CO₂ memiliki peranan yang vital dalam proses pembentukan jumlah sel dan biomassa mikroalga. Pemberian CO₂ meningkatkan produksi biomassa dan sekaligus meningkatkan efisiensi penangkapan karbon (Prayitno, 2016). Ugwu *et al* (2008) melakukan penelitian tentang transfer massa CO₂ pada medium mempengaruhi laju pertumbuhan mikroalga. Namun tingginya kadar CO₂ dalam medium juga dapat mempengaruhi pH. Kong *et al* (2010) melakukan penelitian dan mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi kadar CO₂ di atas 33% dari komposisi udara normal, laju pertumbuhan mikroalga menjadi terhambat (Ugwu *et al* , 2008; Kong *et al*, 2010; Hadiyanto, 2012).

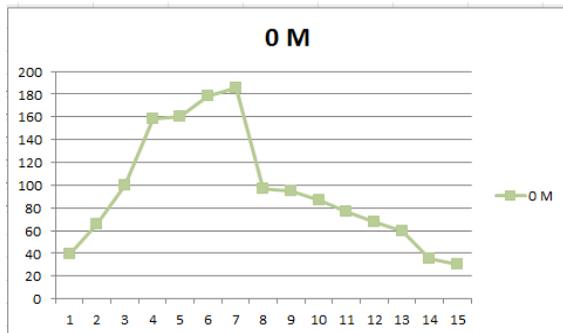
Faktor berikutnya yang juga mempengaruhi pertumbuhan mikroalga adalah kadar oksigen. Kadar Oksigen (O₂) / Dissolve Oxygen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Panggabean, 2017). Pada penelitian Widyanto, 2014 dengan perlakuan media air payau nilai DO

tergolong sangat kecil, hanya berkisar antara 4,1-6,07 mg/L. Nilai DO tertinggi terjadi pada hari ke-2 yang juga merupakan puncak kepadatan *Chlorella sp.* Terjadinya hal ini disebabkan oleh peningkatan fotosintesis yang disebabkan oleh metabolisme sel-sel *Chlorella sp.* Peningkatan kandungan oksigen tersebut lebih disebabkan karena terdapat suplai yang besar dari hasil fotosintesis dan aerasi. Sedangkan pada hari ke-3 dan seterusnya nilai DO terus menurun yang disebabkan karena proses fotosintesis yang tidak lancar karena kondisi lingkungan media dan pencahayaan. Mikroalga aktif dalam melakukan fotosintesis dan mengkonversi CO₂ menjadi oksigen sehingga produktivitas oksigen menjadi lebih tinggi. Dinamika oksigen terlarut dalam ekosistem perairan ditentukan oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi oksigen. Menurut Puspitaningrum (2012), produksi oksigen berlangsung melalui proses fotosintesis oleh komunitas autotrof, sedangkan konsumsi oksigen dilakukan oleh semua organisme melalui proses respirasi dan perombakan bahan organik (Puspitaningrum,2012; Panggabean,2017). Faktor selanjutnya yaitu pH. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Azmi,2016). pH dalam media kultur dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan kultur mikroalga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrien dan mempengaruhi fisiologi sel. Kisaran pH untuk pertumbuhan pada kebanyakan mikroalga antara 7-9. Perubahan pH pada pertumbuhan mikroalga pada umumnya mempengaruhi massa, lipid dan kandungan metabolit primernya(Wulandari, 2019).

Bab ini akan membahas pola pertumbuhan mikroalga isolat B1 Chloreloid pada kondisi cekaman salinitas dengan penambahan NaCl sebesar 0, 0.25, 0.5 dan 1 M dan membandingkan dengan pola pertumbuhan mikroalga Chloreloid pada kondisi cekaman abiotik berupa pengurangan nutrient dalam medium dan cekaman pH dari artikel ilmiah nasional dan internasional yang telah dipublikasikan sebagai sebuah studi literature.

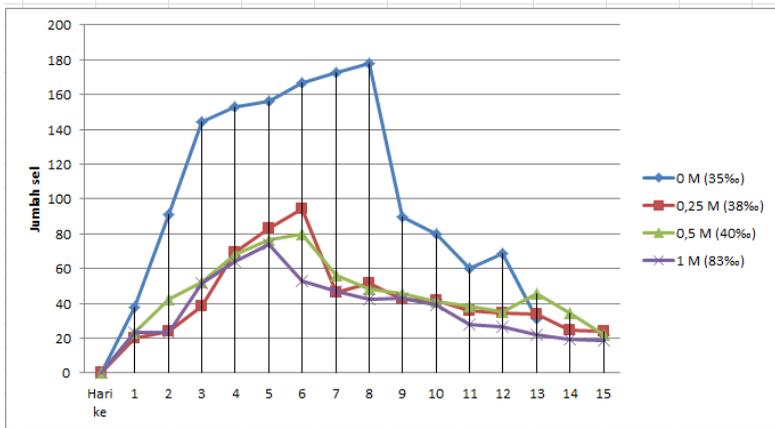
4.2 Pola Pertumbuhan Isolat B1 Chlorelloid Dengan Perlakuan Salinitas

Kurva pertumbuhan (kurva penentuan masa starter) pada penelitian laboratorium ini dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva Penentuan Waktu Starter

Berdasarkan gambar kurva di atas fase lag terjadi pada hari ke 0-2, fase eksponensial terjadi pada hari ke 3-7 dan fase stasioner terjadi pada hari ke 8-14, fase kematian terjadi pada hari ke 15. Berdasarkan kurva pertumbuhan pada gambar 4.2 di atas kultur mikrolaga B1 umur 4 hari digunakan sebagai kultur starter, dimana kultur starter ini adalah kultur yang dijadikan sebagai inokulum awal pada kultur perlakuan salinitas pada langkah selanjutnya. Berikut adalah gambar 4.3 yang merupakan grafik pertumbuhan mikroalga pada perlakuan salinitas dengan konsentrasi NaCl 0 M (Kontrol), 0.25 M, 0.5 M dan 1 M



Gambar 4.3 Pertumbuhan mikroalga isolat B1 Chlorelid pada konsentrasi cekaman salinitas dengan konsentrasi NaCl 0 M, 0,25 M, 0,5 M dan 1 M

Berdasarkan kurva pertumbuhan pada perlakuan salinitas gambar 4.3 terlihat pada perlakuan 0 M (kontrol) kultur mikroalga B1 tidak mengalami fase lag. Fase eksponensial terjadi dari hari 0 hingga 8, fase stasioner terjadi hari ke-9-12 dan berakhir pada fase kematian yang terjadi pada hari ke-13. Tidak adanya fase lag pada kultur perlakuan salinitas 0 M (kontrol) dikarenakan inokulum awal yang digunakan adalah mikroalga kultur starter yang telah memasuki fase setengah eksponensial. Kultur starter ditentukan pada setengah fase eksponensial karena memiliki keunggulan yaitu pada masa tersebut sel masih aktif membelah serta dapat melakukan metabolisme secara maksimal sebelum memasuki fase stasioner maupun kematian sel (Dwirejeki,2019). Hal ini sesuai dengan penelitian Mufidah (2017) yang menyatakan bahwa bibit yang dikultur dari fase setengah eksponensial adalah bibit yang sedang mengalami pertumbuhan maksimal dan kepadatannya juga maksimal, sehingga apabila sel ini dikultur dalam skala yang lebih besar, sel *Chlorella* sp. akan berkembang lebih cepat. Pada kultur penentuan starter (gambar 4.2) terjadi fase lag atau adaptasi selama 2 hari karena inokulum awal yang digunakan belum mengalami aktivasi atau belum mengalami fase eksponensial.

Pola pertumbuhan mikroalga seperti halnya pola pertumbuhan organisme pada umumnya terdiri dari empat fase yaitu fase lag atau fase adaptasi yang diikuti dengan fase logaritmik kemudian fase stationer dan berakhir pada fase kematian sel. Fase lag adalah fase penyesuaian diri sel terhadap kondisi lingkungan yang baru. Pembelahan sel pada fase ini belum terjadi atau berlangsung lambat (Istirokhatun,2017). Fase logaritmik atau fase eksponensial diawali dengan pembelahan sel dan ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan sehingga kepadatan populasi meningkat (Kawaroe,2010). Fase stationer adalah fase dimana jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati (Yuliana,2008) dan fase kematian adalah fase yang ditandai dengan kematian sel-sel dalam jumlah besar, sedangkan pembelahan sel hampir tidak terjadi (Prayitno,2016).

Gambar 4.3 di atas merupakan pola pertumbuhan mikroalga isolate B1 jenis *Chlorelloid* yang diperlakukan dalam medium air laut yang dtambah dengan pupuk walne dalam cekaman salinitas pada konsentrasi NaCl 0.25 M, 0.5 M dan 1 M. Kondisi kultur diatur pada suhu 24, ph 7 serta diaerasi secara terus menerus. Terlihat pada gambar 4.3 terjadi pergeseran waktu sel mikroalga mencapai tiap fase pertumbuhan dari masing masing perlakuan salinitas dibandingkan dengan kontrol (0 M). Selain pergeseran fase juga terdapat penurunan kepadatan sel dimana kepadatan terbesar terjadi pada kultur 0 M berturut turut 0.25 M, 0.5 M dan 1 M. Pada gambar 4.3, tidak terjadi fase lag (adaptasi) pada kultur kontrol (0 M), sedangkan fase lag pada konsentrasi NaCl 0.25 M, 0.5 M dan 1 M terjadi pada hari ke 0 hingga hari ke 3. Pengamatan ini menunjukkan terjadi pergeseran fase lag perlakuan dengan Kontrol. Hal ini terjadi karena pada perlakuan konsentrasi NaCl 0,25 M, 0,5 M dan 1 M pembelahan selnya pada fase ini belum terjadi atau berlangsung lambat. Selain itu medium yang telah ditambahkan NaCl membuat mikroalga melakukan penyesuaian diri sel terhadap kondisi lingkungan yang baru (Wahyuni, 2018). Sedangkan pada perlakuan konsentrasi NaCl 0 M , fase lag terjadi begitu cepat hal ini sesuai dengan penelitian Istirokhatun (2017)

fase lag bisa berlangsung sangat cepat hal ini dikarenakan umur kultur yang digunakan sebagai inokulum. Selain itu fase adaptasi akan lebih singkat atau bahkan tidak terlihat apabila sel-sel yang diinokulasikan berada dalam fase eksponensial.

Pada hasil penelitian terlihat bahwa fase eksponensial (*log phase*) pada perlakuan konsentrasi NaCl 0 M (kontrol) terjadi dari hari ke 2 hingga hari ke 8 sedangkan pada perlakuan konsentrasi NaCl 0,25 M, 0,5 M terjadi pada hari ke 3 hingga hari ke 6 dan pada perlakuan konsentrasi NaCl 1 M terjadi dari hari ke 3 hingga hari ke 5. Fase eksponensial diawali dengan pembelahan sel dan ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan sehingga kepadatan populasi meningkat (Kawaroe,2010). Terlihat dari hasil pengamatan bahwa fase eksponensial pada konsentrasi 0 M (Kontrol) menunjukkan kepadatan sel yang lebih tinggi yaitu $177,6 \times 10^6$ sel/ml dibandingkan dengan konsentrasi 0,25M, 0,5 M dan 1M yang memiliki jumlah sel $94,46 \times 10^6$ sel/ml, $80,6 \times 10^6$ sel/ml, $73,66 \times 10^6$ sel/ml secara berturut-turut. Hal ini dikarenakan pada perlakuan kontrol mikroalga telah mampu beradaptasi dan telah mampu memanfaatkan nutrisi yang ada di media dibandingkan pada saat fase adaptasi. Sedangkan ketika diberi cekaman salinitas pada konsentrasi 0,25M, 0,5M dan 1M pertumbuhan pada fase eksponensial berjalan begitu singkat hal ini karena kandungan garam yang lebih banyak sehingga tekanan osmosis menjadi lebih besar yang menyebabkan proses difusi atau penyerapan nutrisi terjadi lebih lambat dan mengakibatkan waktu untuk pencapaian kepadatan maksimum terganggu (Nisa,2020). Berdasarkan penelitian Nisa (2020) peningkatan jumlah sel akan terhenti pada satu titik puncak populasi (fase eksponensial), pada fase ini kebutuhan nutrisi akan semakin besar, sedangkan tidak adanya penambahan nutrisi selama masa kultur berlangsung sehingga menyebabkan penurunan jumlah sel dalam waktu yang lebih cepat.

Fase stasioner mikroalga pada konsentrasi 0 M (Kontrol) terjadi pada hari ke 8 hingga hari ke 12. Sedangkan pada konsentrasi 0,25 M, dan 0,5 M terjadi pada hari ke 6 hingga hari ke 8 dan untuk konsentrasi 1 M terjadi pada hari ke 5 hingga hari ke 7. Pengamatan ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0 M

mikroalga masih bisa bertahan hidup dengan seimbang dengan memanfaatkan nutrelin yang ada sedangkan pada perlakuan 0,25 M, 0,5 M dan 1 M mengalami penghentian pertumbuhan sel secara total dan lebih cepat hal ini sesuai dengan pernyataan Zainudin (2017) bahwa cekaman salinitas yang jauh dari keadaan salinitas optimum dapat menyebabkan laju kepadatan mikroalga menjadi semakin rendah.

Fase kematian pada konsentrasi 0 M terjadi pada hari ke 13, sedangkan pada konsentrasi 0,25 M dan 0,5 M terjadi pada hari ke 8 hingga hari ke 15 dan untuk konsentrasi 1 M terjadi pada hari ke 7 hingga hari ke 15. Fase kematian terjadi dikarenakan nutrisi yang berada pada media tumbuh telah habis (Kurniawan, 2017). Fase kematian yang terjadi pada berbagai konsentrasi mengalami perbedaan hari hal ini dikarenakan pada fase kematian komposisi nutrisi yang berkurang dalam medium tumbuh juga berbeda pada setiap konsentrasi hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan mikroalga sehingga mikroalga akan mengalami penurunan produksi biomasa karena kematian dan sel lisis (Indrastuti, 2014). Selain itu penambahan NaCl pada media kultur juga akan menyebabkan salinitas. Salinitas dapat mempercepat kematian sel mikroalga akibat terganggunya keseimbangan osmotik yaitu antara bagian dalam sel dengan media hidupnya yang menyebabkan air dalam sel banyak keluar (Zainudin, 2017).

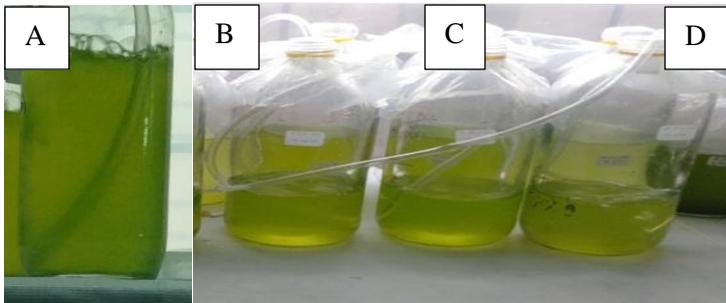
Berdasarkan hasil penelitian jumlah sel pada perlakuan 0 M (kontrol) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya karena pada salinitas 35 ‰ merupakan salinitas optimum untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid* sehingga pertumbuhan sel pada perlakuan 0 M bisa tumbuh dan berkembang dengan baik. Hal ini sesuai dengan penelitian Selvika (2016) dimana mikroalga *Chlorelloid* mengalami pertumbuhan optimal pada salinitas 25-35 ‰. Sedangkan jumlah sel terendah didapatkan pada perlakuan 1 M (83‰) hal ini dikarenakan *Chlorelloid* tidak mampu mentoleransi salinitas yang terlalu tinggi sehingga tidak dapat mengoptimalkan pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Abu, bahwa kondisi salinitas yang abnormal pada

kultur mikroalga dapat mempengaruhi tinggi dan rendahnya jumlah kepadatan populasi (Abu et al, 2010; Nisa,2020).

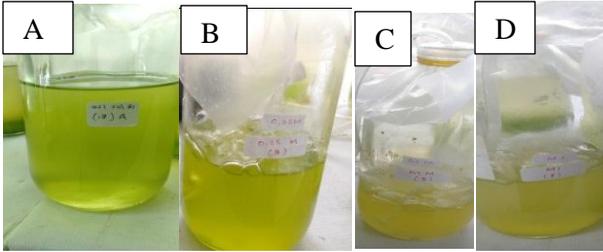
Sementara itu, pada perlakuan 0,25 M (38‰) dan 0,5 M (40‰) mikroalga Chlorelloid kepadatannya rendah namun tidak lebih rendah dari kepadatan sel pada perlakuan 1 M (83‰) hal ini dikarenakan Sel Chlorelloid memiliki dinding sel yang kaku, sehingga membatasi kemampuannya mengubah volume sel. Karena itu osmoregulasi melalui produksi zat terlarut digunakan untuk mempertahankan homeostasis osmotik. Hal ini dikarenakan energi yang diperoleh dari nutrisi yang diserap terbagi untuk pertumbuhan dan untuk upaya adaptasi dengan lingkungan yang mempunyai kadar garam lebih tinggi, dimana salinitas merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Menurut Sudjiharno (2002), perubahan salinitas secara langsung menyebabkan perubahan tekanan osmosis didalam sel fitoplankton sehingga aktifitas sel menjadi terganggu (Sudiharjono,2002; Nisa,2020). Kandungan media yang ada juga bisa mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Pada penelitian ini menggunakan media walne. Media walne merupakan media umum yang digunakan dalam proses kultur mikroalga. Media ini mengandung $N(NaNO_3)$ sebanyak 100,009 g/l dan $P(NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O)$ sebanyak 20 g/l (Jati,2012). Hal ini sesuai dengan penelitian Trikuti, 2016 dimana pada media walne mikroalga mengalami fase adaptasi sampai hari pertama dan selanjutnya mengalami fase log. Pada media Walne pertumbuhan sel dari mikroalga kurang stabil dan mengalami puncak pertumbuhannya pada hari ke-7 dengan kepadatan selnya adalah $9,8 \times 10^6$ sel/ml.

Selain mempengaruhi jumlah sel perubahan warna juga menjadi dampak dari salinitas. Dilihat dari gambar 4.2.3 pada konsentrasi 0 M warna masih tetap hijau sampai pada hari ke 12 (fase kematian) sedangkan pada konsentrasi 0,25 M mikroalga yang pada awalnya berwarna hijau berubah menjadi warna kuning pada hari ke 14, sedangkan pada konsentrasi 0,5 M dan 1 M, berubah warna menjadi kuning pudar pada hari ke 12. Hal ini dikarenakan pada kondisi salinitas yang tinggi dapat mengakibatkan tekanan osmotik dan atau pertukaran ion yang

berpengaruh terhadap metabolisme organisme fotosintetik sehingga proses fotosintesis akan terganggu. Menurut Golldack et al. (1995) menyatakan bahwa stressing salinitas baik dibawah maupun diatas salinitas normal akan mengakibatkan menurunkan sintesa pigmen pada mikroalga. Selain itu salinitas yang tinggi akan mengakibatkan menurunnya intensitas cahaya yang masuk pada media pemeliharaan tidak optimal, sehingga akan mengakibatkan turunnya kandungan pigmen. Salinitas yang tinggi juga menyebabkan berkurangnya cairan yang ada pada sel sehingga akan mempengaruhi proses fotosintesis (Golldack et al., 1995; Avron, 1992; Djunaedi, 2017). Peningkatan salinitas dengan cara penambahan NaCl dapat menyebabkan kematian sel, tetapi pada sel yang hidup terjadi perubahan warna pigmen (Nisa, 2020).



(a)



(b)

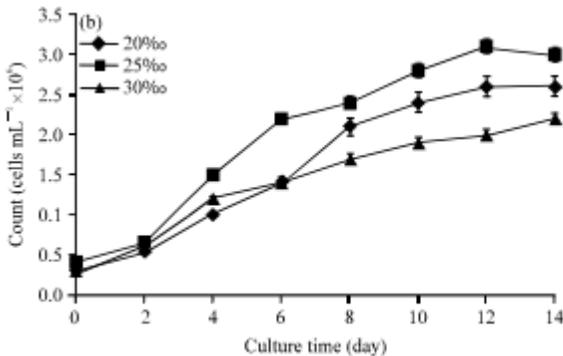
Gambar 4.4 Perubahan warna mikroalga

Keterangan : A: 0M, B: 0,25M, C: 0,5M, D: 1M

(a) Pada hari ke 2 setelah dicekam

(b) Pada hari ke 14 setelah dicekam.

Penelitian Ebrahimi, 2016 memperlakukan mikroalga *Chlorella calcitrans* dalam medium air laut dan pupuk conway dengan perlakuan salinitas 20‰, 25‰ dan 30 ‰. Kondisi lingkungan diatur pada suhu 25⁰ pH 7 dan aerasi secara terus menerus. Hasil penelitian Ebrahimi,2016 menunjukkan pada perlakuan konsentrasi salinitas sebesar 25 ‰ *C. calcitrans* mencapai pertumbuhan tertinggi sebesar $0,37 \pm 0,01 \mu$. Berikut adalah grafik pertumbuhan pada penelitian Ebrahimi, 2016.

**Gambar 4.5** Pertumbuhan *Chlorella calcitrans* pada konsentrasi cekaman salinitas yang berbeda (Ebrahimi,2016).

Terlihat pada gambar bahwa pada konsentrasi 20 ‰

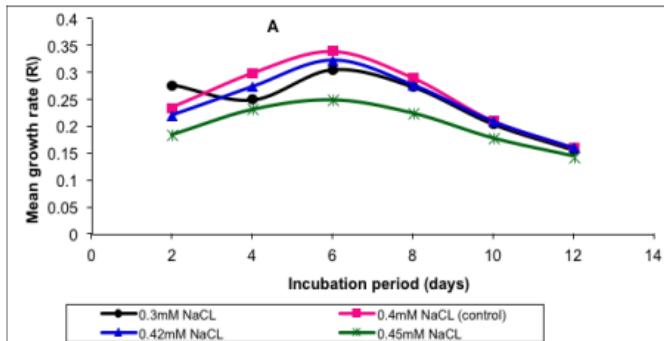
mikroalga mengalami fas lag pada hari ke 0-2, fase eksponensial pada hari ke 4-12, dan masuk pada fase stasioner pada hari ke 14 dimana mikroalga sudah mulai mengalami penurunan. Sedangkan pada konsentrasi 25 ‰ fase lag terjadi pada hari ke 0-2, fase eksponensial pada hari ke 4-12, dan fase stasioner terjadi pada hari ke 14. Pada konsentrasi 30 ‰ fase lag terjadi pada hari ke 0-2, fase eksponensial terjadi pada hari ke 4-12 dan fase stasioner terjadi pada hari ke 14. Tidak adanya pergeseran hari pada tiap konsentrasi ini dikarenakan mikroalga mampu mentoleransi salinitas yang ada, salinitas optimum untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 25—35 ‰ (Nisa,2020).

Kondisi mikroalga yang tercekam akan mempengaruhi proses fisiologis dalam mikroorganisme, masing-masing spesies berbeda dalam respons pertumbuhan terhadap salinitas. Saros dan Fritz (2000) menunjukkan bahwa fisiologi mikroalga dapat dipengaruhi secara langsung atau tidak langsung melalui interaksi dengan faktor pertumbuhan lain seperti komposisi ion dalam sistem salin. Pada beberapa spesies mikroalga, salinitas rendah dapat terjadi menghasilkan penurunan dimensi sel. Meskipun mikroalga laut mampu tumbuh dan berfotosintesis dalam salinitas mulai dari 20 hingga 30 ‰, penurunan yang signifikan dalam pertumbuhan pola seperti penurunan yang diamati di *Chlorella calcitrans*. Hal ini mungkin berkaitan dengan keterbatasan faktor nutrisi dalam air laut setelah pengenceran(Ebrahimi,2016).

Namun pada grafik terlihat bahwa pada hari ke 14 mikroalga masih tetap naik pertumbuhannya hal ini bisa terjadi karena pada penelitian ini menggunakan pupuk conway sebagai medianya. Pupuk conwy merupakan media yang biasanya digunakan untuk mengkultur mikroalga pada skala laboratorium (Amini,2010). Pupuk Conwy terdiri dari: larutan A yang terdiri dari bahan-bahan yaitu 100,0 g NaNO_3 , 20,0 g $\text{NaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 45,0 g Na-EDTA, 33,6 g H_3BO_4 , 0,78 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,36 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan larutan B terdiri dari 2,1 g ZnCl_2 , 2,0 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,9 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan 0,9 g $(\text{NH}_4)\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Rafaelina,2016). Hal ini sesuai pada penelitian Chalid, 2010 bahwa media pertumbuhan mikroalga yang diberi pupuk conwy mengalami umur pertumbuhan lama dan menghasilkan jumlah sel

yang banyak walaupun diberi cekaman, karena pupuk conwy memiliki komposisi nutrisi yang lebih kompleks dibandingkan dengan media walne, sehingga cukup untuk pertumbuhan mikroalga.

Pada hasil penelitian Battah (2014) dengan media tumbuh bold medium basal (BBM) perlakuan penambahan NaCl yang disajikan pada (Gambar 4.6) didapatkan hasil yaitu tingkat pertumbuhan rata-rata dan produktivitas sel *Chlorella vulgaris* tumbuh pada salinitas yang berbeda (0,3, 0,4, 0,42 dan 0,45 m/M NaCl). Penelitian Battah , 2014 dilakukan dengan menggunakan media BBM Dan faktor lingkungan diatur pada suhu 24⁰, ph 7, dan diberi aerasi secara terus menerus.



Gambar 4.6 Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* pada konsentrasi cekaman salinitas yang berbeda (Battah,2014).

Berdasarkan gambar kurva diatas terlihat bahwa pada konsentrasi 0,3 m/M fase lag terjadi pada hari ke 2, dan puncak fase eksponensial terjadi pada hari ke 6, kemudian fase stasioner terjadi pada hari ke 8 dan pertumbuhan terus menurun hingga hari mengalami fase kematian pada hari ke 12. Pada konsentrasi 0,42 m/M fase lag terjadi pada hari ke 2, dan fase eksponensial terjadi pada hari ke 4-6, kemudian fase stasioner terjadi pada hari ke 8 dan pertumbuhan terus menurun hingga hari mengalami fase kematian pada hari ke 12. Sedangkan pada 0.4 m/M fase lag terjadi pada hari ke 2, dan fase eksponensial terjadi pada hari ke 4-6, kemudian fase stasioner terjadi pada hari ke 8 dan pertumbuhan terus menurun hingga hari mengalami fase kematian

pada hari ke 12 dan pada konsentrasi 0.45m/M fase lag terjadi pada hari ke 2, dan fase eksponensial terjadi pada hari ke 4-6, kemudian fase stasioner terjadi pada hari ke 8 dan pertumbuhan terus menurun hingga hari mengalami fase kematian pada hari ke 12.

Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan rata-rata untuk *Chlorella vulgaris* mengalami penurunan dengan meningkatnya tingkat salinitas. Maksimal persentase penurunan tercatat (26,7%) setelah penyemaian kultur dengan media NaCl 0,45 mM kurang dari kontrol yang terjadi pada hari ke 6 kultur. Sementara itu parameter ini dicapai secara maksimal pada hari ke 6 kultur dalam kontrol (0,4 mM NaCl) di mana, tingkat pertumbuhan rata-rata adalah 0,34 d⁻¹. Penghambatan pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dalam menanggapi salinitas disebabkan oleh penghambatan sebagian pembelahan sel. Dalam hal ini kemampuan mikroalga untuk bertahan hidup dan tumbuh dalam lingkungan salinitas mengalami tekanan osmotik potensial dalam sel lebih tinggi dari pada tekanan osmotik potensial dari cairan di sekitarnya (Battah,2014).

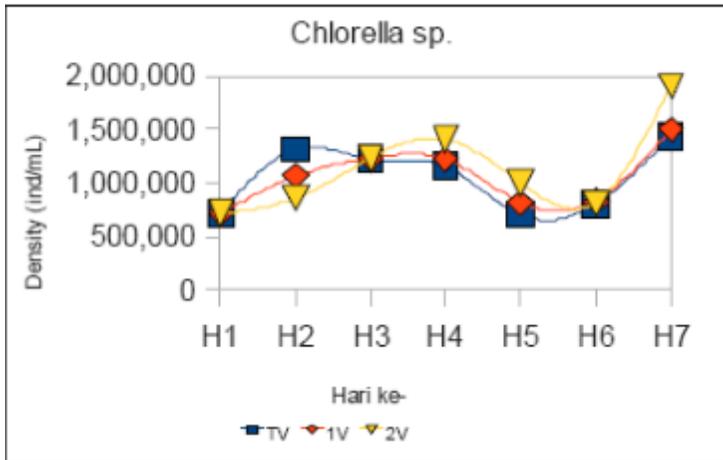
Selain dipengaruhi oleh salinitas menurunnya kepadatan sel mikroalga pada hari ke 12 juga bisa dipengaruhi oleh jenis medium yang digunakan. Media yang digunakan pada penelitian ini merupakan media bold medium basal. Medium ini merupakan media selektif bagi pertumbuhan mikroalga khususnya dari divisi Chlorophyta atau alga hijau (Suriawiria, 2005). Dibandingkan dengan medium walne, medium BBM ini memiliki unsur unsur P dan K dalam senyawa KH_2PO_4 dan K_2HPO_4 yang berperan penting dalam proses pertumbuhannya. Menurut Kuhl (1974), fungsi K_2HPO_4 adalah sebagai sumber fosfor untuk sintesis senyawa penghasil energi bagi aktivitas sel, sementara itu unsur K berperan dalam proses pemanjangan sel, memperkuat tubuh alga, memperlancar metabolisme dan penyerapan makanan (Putra,2015).

Dari hasil data-data pertumbuhan diatas membuktikan bahwa cekaman salinitas dapat mempengaruhi pola pertumbuhan mikroalga. Semakin tinggi tingkat salinitas akan semakin

menurunkan jumlah sel mikroalga. Hal ini sesuai pada grafik yang telah diamati bahwa di fase eksponensial pada konsentrasi 1 M memiliki jumlah sel yang paling rendah dibanding perlakuan lainnya. Selain itu kadar NaCl yang tinggi dapat menyebabkan degradasi klorofil sehingga menyebabkan kematian sel (Rai, 2015). Salinitas yang tinggi juga mempengaruhi mekanisme osmoregulasi yang secara langsung akan mempengaruhi proses metabolisme serta menghambat perkembangbiakan sel vegetatif yang selanjutnya secara bertahap akan mempengaruhi kepadatan sel populasi mikroalga (Rao, 2007). Zainudin, (2017) juga menambahkan bahwa tingginya konsentrasi garam pada media yang didominasi oleh ion Na⁺ dan Cl⁻ dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan osmotik yaitu antara bagian dalam sel dengan media hidupnya yang menyebabkan air dalam sel banyak keluar. Salinitas yang paling optimum untuk pertumbuhan yaitu pada salinitas 35‰ hal ini sesuai dengan pernyataan selvika bahwa *Chlorelloid* mampu tumbuh dengan baik pada salinitas 25-35 ‰ (Selvika, 2016). Selain itu perbedaan kepadatan sel setiap media disebabkan oleh perbedaan kandungan nutrisi yang terdapat dalam setiap media, selain itu mikroalga jika dikultivasi dengan jenis media yang sesuai dengan media tumbuhnya, pertumbuhan mikroalga akan berada dalam kondisi yang optimum (Andersen, 2005; Putra, 2015).

4.3 Pola Pertumbuhan mikroalga *Chlorelloid* Dengan Perlakuan Pengurangan Nutrient

Hasil penelitian Kawaroe (2009) yang memperlakukan mikroalga spesies *Chlorella* sp dengan perlakuan pengurangan nutrient Guillard (f2), sebagai bahan pembahasan studi literature , ditampilkan pada gambar 4.7 di bawah ini.



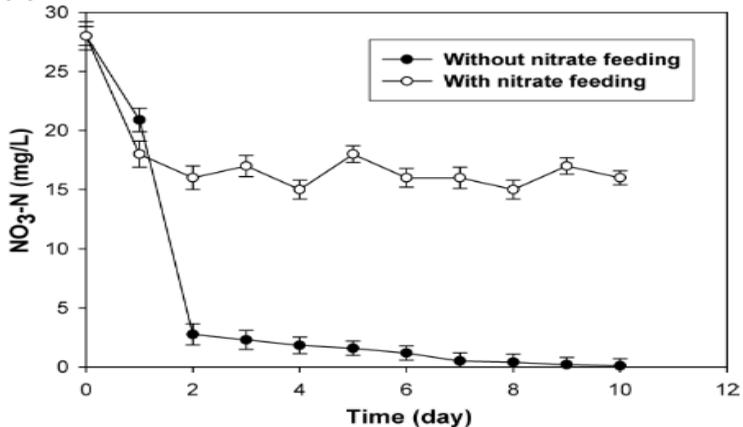
Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan *Chlorella sp.* pada Perbedaan Konsentrasi Nutrien (Kawaroe,2009).

Terlihat pada gambar kurva diatas bahwa pada perlakuan TV fase lag terjadi pada hari ke 1, fase eksponensial terjadi pada haeri ke 2-4, dan fase stasioner terjadi pada hari ke 5 dan pada hari ke7 mengalami peningkatan jumlah sel lagi. Pada perlakuan 1V fase lag terjadi pada hari ke 1, fase eksponensial terjadi pada hari ke 2-4 dan pada hari ke7 mengalami peningkatan jumlah sel lagi. Sedangkan pada perlakuan 2V fase lag terjadi pada hari ke 1, fase eksponensial terjadi pada hari ke 2-4 dan pada hari ke7 mengalami peningkatan jumlah sel lagi. Tidak terjadinya pergeseran waktu ini karena mikroalga masih mampu bertahan hidup dengan memanfaatkan nutrient yang ada pada media.

Berdasarkan hasil penelitian dari Kawaroe (2009) yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.1 dengan menggunakan 3 perlakuan pada penambahan nutrien, yaitu sebanyak satu kali setiap hari (1V), setiap dua hari sekali selama kultivasi sebanyak masing-masing 1 mL/L (2V), dan tanpa penambahan nutrient (TV).. kepadatan *Chlorella sp.* pada perlakuan tanpa nutrient (TV) tetap meningkat hingga hari ke tujuh. Hal ini diperkirakan akibat kandungan nutrien alami pada air laut masih mencukupi untuk pertumbuhan *Chlorella sp.* hingga hari ke tujuh kultivasi.

Kemampuan *Chlorella sp.* tetap tumbuh pada perlakuan tanpa nutrisi juga dikarenakan *Chlorella sp.* mampu bertahan pada kondisi nutrisi yang terbatas (Sutomo 2005). Pada penelitian ini laju pertumbuhan spesifik rata-rata *Chlorella sp.* yang diperoleh lebih kecil (0.227/hari) bila dibandingkan dengan penelitian Hirata et al. (1981) senilai 0.51/hari dan Sutomo (2005) 0.6485/hari.

Sedangkan pada hasil penelitian Jin (2006) yang memperlakukan mikroalga *Chlorella sp.* pada MA medium dan CB medium dengan perlakuan cekaman pengurangan nutrient nitrat ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Pertumbuhan *Chlorella sp.* Dengan Dan Tanpa pemberian Nutrient (Jin,2006).

Terlihat pada gambar bahwa pada perlakuan penambahan nitrat fase lag terjadi pada hari ke 0-2, fase eksponensial terjadi pada hari ke 3-5, dan fase stasioner terjadi pada hari ke 6 dan mengalami penurunan hingga pada hari 8 sedangkan pada hari ke 9 mengalami kenaikan lagi dan dilanjut memasuki fase kematian pada hari ke 10. Sedangkan pada perlakuan tanpa nitrat fase lag terjadi pada hari ke 0-2, puncak fase eksponensial pada hari ke 3, dan fase stasioner terjadi pada hari ke 6 dan kemudian memasuki fase kematian dan sel terus menurun kepadatannya.

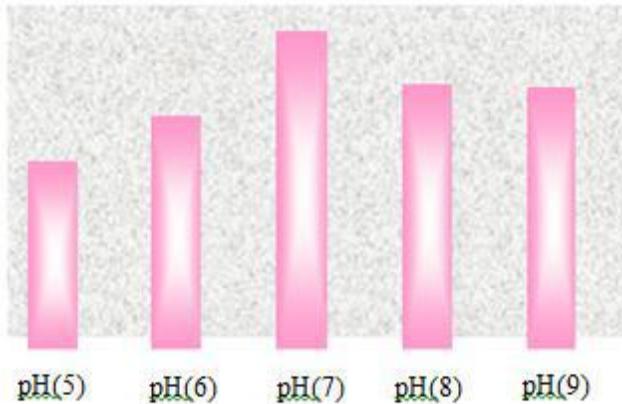
Pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella sp* pada penelitian ini dibandingkan dengan dan tanpa pemberian nitrat. Dengan tidak adanya nitrat, konsentrasi nitrat dalam bioreaktor turun drastis, dari nilai awalnya 28 ppm turun hingga di bawah 5 ppm dalam waktu 2 hari kultur, meskipun kepadatan sel belum mencapai tingkat yang sangat tinggi. Konsentrasi nitrat menurun lebih lanjut, menjadi di bawah 2 ppm setelah hari ke 6, yang bertepatan kira-kira dengan akhir fase pertumbuhan eksponensial *Chlorella*. Konsentrasi sel mencapai fase stasioner sekitar 1,20 g / L setelah hari ke 8, kemudian diikuti oleh fase kematian. Sedangkan ketika diberikan nitrat, tidak ada perbedaan signifikan dalam tingkat pertumbuhan awal yang diamati sampai hari ke 3. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat tidak menjadi faktor pembatas pada saat itu. Namun, perbedaan antara kedua kasus mulai terlihat setelah hari ke 4, dan meningkat setelahnya. Dalam kasus pemberian nitrat, tahap eksponensial pertumbuhan terus berlanjut sampai hari ke 6, dan mempertahankan tingkat pertumbuhan yang tinggi. Sedangkan tanpa pemberian nitrat tahap eksponensial berhenti lebih cepat.

Berdasarkan penelitian di atas dapat diketahui bahwa pengurangan nutrient pada media kultur mikroalga dapat menyebabkan kepadatan jumlah sel menjadi menurun, selain itu pengurangan nutrient juga dapat menyebabkan fase eksponensial pada mikroalga berlangsung sangat cepat sehingga menyebabkan sel pada mikroalga tidak dapat berkembang dan tumbuh dengan baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Healey (1973) secara umum defisiensi nutrient pada mikroalga mengakibatkan penurunan jumlah sel, penurunan protein, pigmen fotosintesis, serta kandungan produk karbohidrat dan lemak. Pada pertumbuhannya, Nutrisi yang diperlukan mikroalga dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium, kalsium. Sedangkan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit adalah besi, tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), silikon (Si), boron (B), molibdenum (Mo), vanadium (V) dan kobalt (Co) (Wulandari,2019).

4.4 Pola Pertumbuhan Mikroalga Chlorelloid Dengan Perlakuan Cekaman pH

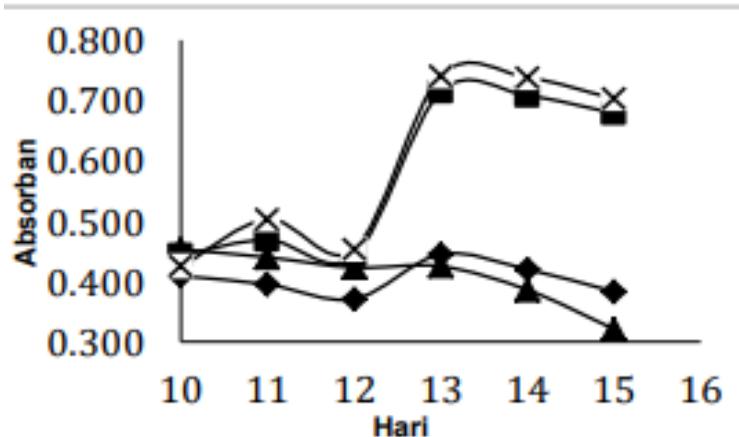
Pertumbuhan mikroalga ditandai dengan meningkatnya konsentrasi jumlah sel dan biomassa sel yang dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya yaitu pH. Kadar pH mempengaruhi tingkat fotosintetik mikroalga, dan kinerja enzim dalam proses metabolisme sel. Derajat keasaman (pH) media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral, sehingga mempengaruhi penyerapan nutrien oleh sel (Adi, 2015).

Berdasarkan penelitian Prihatini (2005) yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dengan perlakuan pengaruh nilai pH awal Medium Ekstrak Tauge (MET) terhadap kerapatan sel mikroalga *Chlorella* sp . Rerata kerapatan sel tertinggi dicapai pada saat sel-sel dalam media perlakuan dengan pH awal 7. Media perlakuan tersebut merupakan MET tanpa pengaturan nilai pH. Kerapatan sel *Chlorella* sp tertinggi dicapai pada media perlakuan pH awal 7 karena nilai pH tersebut sangat mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. Rerata kerapatan sel terendah terjadi pada media perlakuan pH awal 5. Hal tersebut kemungkinan disebabkan pH awal yang asam menyebabkan terganggunya proses metabolisme sel. Kerapatan sel dalam media perlakuan pH awal 8 dan 9 lebih rendah dibandingkan kerapatan sel media perlakuan pH awal 7. ecara umum sejak pengamatan hari ke-1 hingga hari ke-9 seluruh media perlakuan mengalami peningkatan pH. Pada pengamatan hari ke-9 nilai pH media perlakuan pH awal 5 meningkat menjadi 6,5, perlakuan pH awal 6 dan 7 meningkat menjadi 8,5, dan perlakuan pH awal 8 meningkat menjadi 9, sedangkan pada perlakuan pH awal 9 meningkat menjadi 9,5.



Gambar 4.9. Diagram batang rerata kerapatan sel mikroalga marga *Chlorella* pada saat peak dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan nilai pH awal berbeda (Prihatini,2005).

Pada penelitian Wulandari (2019) yang ditunjukkan pada gambar 4.10. dengan perlakuan pemberian variasi pH medium Growmore. Kenaikan pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* pada pH 7 dan 8,2 terjadi setelah hari ke-12 pertumbuhan sedangkan pada pH 5, dan 9 pertumbuhannya cenderung mengalami kematian. Pemanenan dilakukan pada hari ke-13 dikarenakan pada hari berikutnya terjadi penurunan pertumbuhan menuju tahap kematian. Pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* pada pH 8,2 atau pH normal medium GrowMore memiliki pertumbuhan yang tinggi dibandingkan dengan variasi pH lainnya. Pada pH 7 tidak terlalu mempengaruhi pertumbuhannya jika dibandingkan dengan pH normal medium pupuk GrowMore karena menurut literatur mikroalga *C. vulgaris* biasanya dapat tumbuh dengan baik pada pH 7-8. Pada percobaan ini perubahan pH dari pH normal medium GrowMore ke pH 7 tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris*. Pada pH 5 dan pH 9 pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* turun sangat tajam.



Gambar 4.10. Kurva pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* setelah penambahan pH pada hari ke-10 (pH 5 ◆ pH 7 ■ pH 8,2 ◆ pH 9 ▲)(Wulandari, 2019).

Berdasarkan penelitian diatas dapat diketahui bahwa nilai pH mempunyai pengaruh penting dalam pertumbuhan mikroalga chlorella. Pada kondisi pH rendah ataupun tinggi mikroalga tidak bisa tumbuh dengan optimal dan dapat memperlambat pertumbuhannya. Pada *Chlorella sp* pertumbuhan optimum bisa pada pH 7-9 (Wulandari,2019). Peningkatan nilai pH pada media perlakuan bisa terjadi karena adanya aktivitas fotosintesis mikroalga. Pada saat fotosintesis, CO₂ bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang digunakan mikroalga. Mikroalga juga dapat menggunakan ion karbonat (CO₃²⁻) dan ion bikarbonat (HCO₃⁻). Penyerapan CO₂ bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO₂ terlarut sehingga menyebabkan peningkatan nilai pH (Salim,2011).

BAB V

Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur diatas dapat disimpulkan bahwa faktor abiotik berupa cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrien dalam medium dan cekaman pH dapat menyebabkan perubahan pola pertumbuhan mikroalga jika dibandingkan dengan Kontrol. Perubahan pola pertumbuhan mikroalga Chlorelloid akibat cekaman salinitas, cekaman pengurangan nutrient berupa nutrient fosfat dan nitrat serta cekaman pH dapat berupa pergeseran fase pertumbuhan dan pengurangan kepadatan sel mikroalga disetiap fase. Cekaman salinitas diatas 25-35% mengakibatkan penurunan kepadatan sel dari $177,6 \times 10^6$ sel/ml menjadi $73,66 \times 10^6$ sel/ml, serta mengalami pergeseran fase pertumbuhan eksponensial dari hari ke 2-8 menjadi hari ke 3-5. Pada cekaman nutrient, ketika mikroalga tidak diberi nutrient berupa nitrat dan phospat jumlah sel mikroalga sebesar 1,20 g/L sedangkan jika diberi nutrient jumlah selnya meningkat sebesar 1,88 g/L. Sedangkan pada cekaman pH dapat mengakibatkan pergeseran fase eksponensial dari hari ke 10 menjadi hari ke 9 dan mengalami penurunan kepadatan sel secara tajam setelah fase eksponensial akibat meningkatnya nilai pH pada medium. Dapat disimpulkan pula bahwa pola pertumbuhan pada studi literature ini sangat ditentukan oleh komposisi medium dan kondisi lingkungan yang diterapkan pada saat kultur secara in vitro.

Daftar Pustaka

- Apriliyanti Siska, Soeprbowati Tri Retnaningsih, Yulianto Bambang. 2016. Hubungan Kemelimpahan *Chlorella* sp Dengan Kualitas Lingkungan Perairan Pada Skala Semi Masal di BBBPBAP Jepara. **JURNAL ILMU LINGKUNGAN**. Vol.14 (2).
- Azmi Z, Saniman, Ishak. 2016. Sistem Penghitung Ph Air Pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroller. **Jurnal Ilmiah Saintikom**. Vol.15, No. 2.
- Battah, M. G., El-Ayoty, Y. M., Esmael, A. E. and Abd El-Ghany, S. E. 2014. Effect of Different Concentrations of Sodium Nitrate, Sodium Chloride, and Ferrous Sulphate on the Growth and Lipid Content of *Chlorella Vulgaris*. **International Journal of Agricultural Technology**. Vol. 10(2): 339-353.
- Djunaedi Ali, Chrisna Adi Suryono dan Sardjito. 2017. Kandungan Pigmen Polar Dan Biomassa Pada Mikroalga *Dunaliella Salina* Dengan Salinitas Berbeda. **Jurnal Kelautan Tropis**. Vol. 20(1):1–6.
- Dwirejeki S, Ermavitalini D. 2019. Pengaruh Cekaman Nitrogen dan Fotoperiode terhadap Kurva pertumbuhan Kultur *Nannochloropsis* sp. **JURNAL SAINS DAN SENI ITS**. Vol. 8, No. 1.
- Ebrahimi,E, dan Salarzadeh,A. 2016. The Effect of Temperature and Salinity on the Growth of *Skeletonema costatum* and *Chlorella capsulata* in vitro. **International Journal of Life Sciences**. Vol.10 (1).
- Flynn ,K. J. 2019. Enhancing Microalgal Production Constructing Decision Support Tools Using System Dynamics Modelling.
- Gultom Sarman Oktovianus. 2018. Mikroalga: Sumber Energi Terbaru Masa Depan. **jurnal Kelautan**. Volume 11(1).

Hadiyanto dan Azim M. 2012. **Mikroalga Sumber Pangan Dan Energi Masa Depan**. Semarang : UNDIP Press Semarang.

Imelda Silvia , Claudia Cindy , Orryani Lambui, dan I Nengah Suwastika. 2018. Kultivasi Mikroalga Isolat Lokal Pada Medium Ekstrak Tauge. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. Vol 7 (2) : 148 – 157.

Indrastuti C, Sulardiono B, Muskananfolo M.R. 2014. Kajian intensitas cahaya yang berbeda terhadap konsentrasi klorofil-a pada pertumbuhan mikroalga *spirulina platensis* dalam skala laboratorium. **DIPONEGORO JOURNAL OF MAQUARES**. Volume 3, Nomor 4.

Istirokhatun Titik, Mustika Aulia, Sudarno. 2017. Potensi *Chlorella Sp.* untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 14 No.2.

Juniantari N.K.E, Anggreni A.A.Md. D, Gunam I.B.W. 2015. Pengaruh jenis media terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. **Jurnal REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI**. Vol. 3. No. 2.

JIN H , LIM B.R & LEE K. 2006. Influence of Nitrate Feeding on Carbon Dioxide Fixation by Microalgae. **Journal of Environmental Science and Health Part A**, Vol. 41:2813–2824.

Kawaroe, M. (2010). **Mikroalga, Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar**. Bogor: IPB Press.

KawaroeP Mujizat, Tri PrartonoP, Sunuddin Adriani, Sari D.W, Dina AugustineP. 2009. Laju pertumbuhan spesifik *chlorella* sp. Dan *dunaliella* sp. Berdasarkan perbedaan nutrisi dan fotoperiode. **Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia**. Jilid 16, Nomor 1: 73-77.

Liu Yu. 2018. Optimization Study Of Biomass And Astaxanthin Production By *Haematococcus Pluvialis* Under Minkery Wastewater Cultures. Nova Scotia : Dalhousie University Halifax.

Mantra, Ida Bagus. 2003. **Demografi Umum Edisi Kedua**. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

Mohadjir, Noeng. 1998. **Metodologi penelitian Kualitatif**. Yogyakarta : Rake Sarasin.

Musdalifah, Yoswita Rustam & Sri Amini. 2015. Kultivasi Dan Ekstraksi Minyak Dari Mikroalga *Botryococcus braunii* DAN *Nannochloropsis* sp. **BIOMA**. Vol. 11 (1).

Mufidah A, Agustono, Sudarno dan Nindarwi D.D. 2017. Teknik kultur *chlorella* sp. Skala laboratorium dan Intermediet di balai perikanan budidaya air payau (bpap) situbondo jawa timur. **Journal of Aquaculture and Fish Health**. Vol. 7 No.2

Nisa K, Hasibuan S, dan Syafriadiman. 2020. Pengaruh Salinitas Berbeda terhadap Kepadatan dan Kandungan Karotenoid *Dunaliella salina*. **JURNAL PERIKANAN DAN KELAUTAN**. Volume 25 No. 1.

Nur M.M. Azimatun. 2014. Potensi Mikroalga sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia (overview). **Eksergi**. Vol XI, No.2.

Padang, Anita. 2014. Pertumbuhan Fitoplankton Coccolithophore Sp Di Wadah Terkontrol Dengan Kepadatan Inokulum Yang Berbeda. **jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan**. Volume 6 Edisi 3.

Panggabean L.S, Prastowo P. 2017. Pengaruh Jenis Fitoplankton Terhadap Kadar Oksigen Di Air. **Jurnal Biosains** .Vol. 3 No. 2.

Priyadarshani Indira and Biswajit Rath. 2012. Commercial and industrial applications of micro algae – A review. **J. Algal Biomass Utiln.** Vol. 3 (4): 89–100.

Prihantini N.B, Putri B, dan Yuniati R. 2005. Pertumbuhan *chlorella* spp. Dalam medium Ekstrak tauge (met) dengan variasi ph awal. **MAKARA, SAINS.** VOL. 9, NO. 1

Prayitno Joko. 2016. Pola Pertumbuhan dan Pemanenan Biomassa dalam Fotobioreaktor Mikroalga untuk Penangkapan Karbon. **Jurnal Teknologi Lingkungan.** Vol. 17, No. 1.

Rahmat, P, S. 2009. Penelitian Kualitatif. **Jurnal Equilibrium.**Vol.5 : 40 - 57.

Ramaraj R, Unpaprom Y , Dussadee N. 2016. Cultivation of Green Microalga, *Chlorella vulgaris* for Biogas Purification. **International Journal of New Technology and Research (IJNTR).** Volume-2, Issue-3.

Rai M.P, Gautom T and Sharma N. 2015. Effect of Salinity, pH, Light Intensity on Growth and Lipid Production of Microalgae for Bioenergy Application. **OnLine Journal of Biological Sciences.** Vol. 15 (4): 260.267

Rao, A. R., Dayananda, C., Sarada, R., Shamala, T. R., & Ravishankar, G. A. 2007. Effect of Salinity on Growth of Green Algae *Botryococcus braunii* and its Constituents. **Bioresource Technology.** (98): 560-564.

Regista., Ambeng., Magdalena, L., Umar, M.R. 2017. Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair *Lumbricus rubellus*

Hoffmeister Pada Pertumbuhan *Chlorella* sp. BIOMA, **Jurnal Biologi Makassar**, Vol. 2 (1): 1-8.

Rudiyanti S. 2011. Pertumbuhan *skeletonema costatum* pada berbagai tingkat salinitas media. **Jurnal Saintek Perikanan**. Vol. 6, No.2.

Salim Mohamad Agus , Yeni Yuniarti dan Rizal Maulana Hasby. 2011. Pengaruh Co2 Terhadap Pertumbuhan *Staurastrum* Sp. Volume . V. No. 1 – 2. ISSN 1979-8911.

Sari I.P dan Manan A. 2012. Pola pertumbuhan *nannochloropsis oculata* pada kultur skala laboratorium, Intermediet, dan massal. **Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan**. Vol. 4 No. 2.

Selvika Zerli, Kusuma A.B, N. Ervina Herliany, Bertoka Fajar S.P. Negara. 2016. Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada beberapa konsentrasi limbah batubara. **Depik**, 5(3): 107-112.

Simamora Lira Anaida, Sudarno, Titik Istirokhatun. 2017. Kultivasi Mikroalga Sebagai Metode Pengolahan Dalam Menyisihkan Kadar Cod Dan Amonium Pada Limbah Cair Tahu. **Jurnal Teknik Lingkungan**. Vol. 6, No. 1.

Sigalingging F.A, Padil, Sri Rezeki Muria. 2019. Kultivasi Mikroalga Menggunakan Media Af6 Berdasarkan Perbedaan Volume Solution A Media Af6. **Jom FTEKNIK** .Vol. 6 Edisi 1.

Sugiyono. 2012. **Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D**. Bandung : Alfabeta.

Sukmawan Made Arif, Nyoman Semadi Antara , I Wayan Arnata. 2014. OPTIMIZATION SALINITY AND INITIAL pH ON THE BIOMASS PRODUCTION OF *Nannochloropsis* sp. K4. **Jurnal REKAYASA DAN**

MANAJEMEN AGROINDUSTRI. Vol. 2. No. 1.

Suyono E.A, Haryadi W, Zusron M, Matin Nuhamunada, Rahayu S and Nugroho A.P. 2015. The Effect of Salinity on Growth, Dry Weight and Lipid Content of the Mixed Microalgae Culture Isolated from Glagah as Biodiesel Substrate. **Journal of Life Sciences**. Vol. 9 : 229-233

Ulya Saniyatul, Sedjati Sri, Yudiati Ervia. 2018. Kandungan Protein *Spirulina platensis* Pada Media Kultur Dengan Konsentrasi Nitrat (KNO₃) Yang Berbeda. **Buletin Oseanografi Marina**. Vol 7 No 2:98–10.

Utami Novi Puji, MS Yuniarti, Haetami Kiki. 2012. Pertumbuhan *Chlorella* sp Yang Dikultur Pada Perioditas Cahaya Yang Berbeda. **Jurnal Perikanan Dan Kelautan**. Vol.3 (3).

Wahyuni Nurita, Masithah E.D, Soemarjati Wiwie, Suciyono, Ulkhaq Mohammad Faizal. 2018. Pola Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina* sp. Skala Laboratorium yang Dikultur Menggunakan Wadah yang Berbeda. **Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)**. Vol. 16 No. 2.

Widianingsih, 2008. Pengaruh pengurangan Konsentrasi Nutrien Fosfat dan Nitrat Terhadap Kandungan Lipid Total *Nannochloropsis oculata*. **Jurnal Ilmu Kelautan**, 16 (1): 24-29.

Wulandari R, Dharma A, Syafrizayanti. 2019. Pengaruh Pemberian Variasi pH terhadap Produksi Trigliserida Total dan Komposisi Asam Lemak dari *Chlorella Vulgaris* Air Tawar. **Jurnal Riset Kimia**. Vol. 10, No. 2.

Yanuhar,U. 2016. **Mikroalga Laut *Nannochloropsis oculata***. Malang: UB Media.

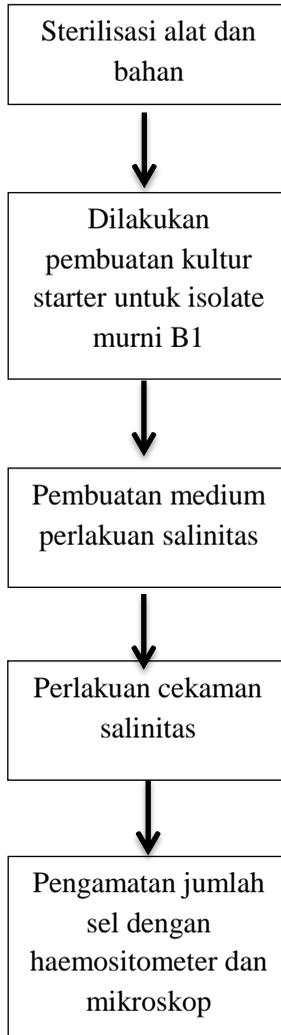
Yarti Nindri , Moh. Muhaemin dan Siti Hudaidah. 2014. Pengaruh Salinitas Dan Nitrogen Terhadap Kandungan Protein Total *Nannochloropsis* sp. *eJurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. Volume II No 2.

Zainuddin Muhammad, Hamid Noor, Mudiarti Luky, Kursistyanto Nurcahyo, Aryono Budi. 2017. Pengaruh media hiposalin dan hipersalin terhadap pertumbuhan spon biopigmen *Dunaliella salina*. *Jurnal Enggano*. Vol. 2, No. 1.

Zed, Mestika. 2004. **Metode Penelitian Kepustakaan**. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema kerja



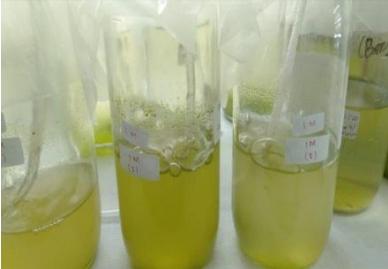
Lampiran 2 Isolasi Kultur.

No	Foto	Keterangan
1.	 <p>(Dok.Pribadi,2020)</p>	Penuangan isolate mikroalga B1 ke dalam gelas ukur
2	 <p>(Dok.Pribadi,2020)</p>	Penuangan dari gelas ukur ke botol kultur yang sudah berisi air laut steril
3	 <p>(Dok.Pribadi,2020)</p>	Pemberian pupuk walne kedalam botol kultur. Setelah itu borol kultur diberi aerator

Lampirann 3 Perlakuan Salinitas

No	Foto	Keterangan
1	 <p>(Dok Pribadi,2020)</p>	<p>Penimbangan NaCl sesuai dengan konsntrasi</p>
2	 <p>(Dok Pribadi,2020)</p>	<p>Disiapkan air laut steril yang sudah di autoclave</p>
3	 <p>(Dok Pribadi,2020)</p>	<p>Dimasukkan NaCl kedalam air laut steril, lalu dikocok hingga terlarut, setelah itu ditambahkan mikroalga sebanyak 50ml dan diberi aerator</p>

Lampiran 4 Perubahan Warna Ketika Diberi Cekaman Salinitas

No	Foto	Keterangan
1	 <p data-bbox="273 587 505 619">(Dok Pribadi,2020)</p>	Hari ke 5 setelah dicekam
2	 <p data-bbox="273 927 505 959">(Dok Pribadi,2020)</p>	Hari ke 14 setelah dicekam

Lampiran 5 Perhitungan Jumlah sel

0 M (35‰)

Hari ke	Perhitungan
0	$\frac{A+B+C+D+E}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(7+10+12+7+11)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(47)}{5} \times 4.10^6 = 9,4 \times 4.10^6$ <p>37.600.000 sel/ml</p>
1	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(18+23+28+20+25)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(114)}{5} \times 4.10^6 = 22,8 \times 4.10^6$ <p>91.200.000 sel/ml</p>
2	$\frac{A+B+C+D+E}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(16+45+31+42+46)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(180)}{5} \times 4.10^6 = 36 \times 4.10^6$ <p>144.000.000 sel/ml</p>
3	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(48+27+60+28+28)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(191)}{5} \times 4.10^6 = 38,2 \times 4.10^6$ <p>152.800.000 sel/ml</p>

	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(46+37+65+25+22) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(195)}{5} \times 4.10^6 = 39 \times 4.10^6$ <p>156.000.000 sel/ml</p>
5	$\frac{A+B+C+D+E}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(49+43+51+42+23)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(208)}{5} \times 4.10^6 = 41,6 \times 4.10^6$ <p>166.400.000 sel/ml</p>
6	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(53+48+56+40+19)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(216)}{5} \times 4.10^6 = 43,2 \times 4.10^6$ <p>172.800.000 sel/ml</p>
7	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(59+52+60+27+24)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(222)}{5} \times 4.10^6 = 44,4 \times 4.10^6$ <p>177.600.000 sel/ml</p>

8	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(24+24+22+18+24)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(112)}{5} \times 4.10^6 = 22,4 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">89.600.000 sel/ml</p>
9	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(20+24+15+17+24)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(100)}{5} \times 4.10^6 = 20 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">80.000.000 sel/ml</p>
13	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(15+21+13+15+11)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(75)}{5} \times 4.10^6 = 15 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">60.000.000 sel/ml</p>
14	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(12+20+18+13+23)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(86)}{5} \times 4.10^6 = 17,2 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">68.800.000 sel/ml</p>
15	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(12+9+5+10+3)}{5} \times 4.10^6$

	$\frac{(39)}{5} \times 4.10^6 = 7,8 \times 4.10^6$ $31.200.000 \text{ sel/ml}$
--	--

0,25 M (38‰)

Hari ke	Perhitungan
1	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(4+5+3+3+5)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(25)}{5} \times 4.10^6 = 5 \times 4.10^6$ $20.000.000 \text{ sel/ml}$
2	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(6+8+5+4+7)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(30)}{5} \times 4.10^6 = 6 \times 4.10^6$ $24.000.000 \text{ sel/ml}$
3	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(10+12+11+7+8)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(48)}{5} \times 4.10^6 = 9,6 \times 4.10^6$ $38.400.000 \text{ sel/ml}$

4	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(17+21+16+14+19)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(87)}{5} \times 4.10^6 = 17,4 \times 4.10^6$ <p>69.600.000 sel/ml</p>
5	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(22+26+18+16+22)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(104)}{5} \times 4.10^6 = 20,8 \times 4.10^6$ <p>83.200.000 sel/ml</p>
6	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(25+27+21+20+25)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(118)}{5} \times 4.10^6 = 23,6 \times 4.10^6$ <p>94.400.000 sel/ml</p>
7	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(15+8+12+10+13)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(58)}{5} \times 4.10^6 = 11,6 \times 4.10^6$ <p>46.400.000 sel/ml</p>

8	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(16+10+13+11+14) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(64)}{5} \times 4.10^6 = 12,8 \times 4.10^6$ <p>51.200.000 sel/ml</p>
9	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(13+13+9+10+8) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(53)}{5} \times 4.10^6 = 10,6 \times 4.10^6$ <p>42.400.000 sel/ml</p>
10	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(10+8+12+9+13) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(52)}{5} \times 4.10^6 = 10,4 \times 4.10^6$ <p>41.600.000 sel/ml</p>
11	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(7+11+8+10+9) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(107)}{5} \times 4.10^6 = 9 \times 4.10^6$ <p>36.000.000 sel/ml</p>

12	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(6+11+5+10+11) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(43) \times 4.106 = 8,6 \times 4.106}{5}$ $\underline{34.400.000 \text{ sel/ml}}$
13	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.106}{5}$ $\frac{(4+6+12+9+11) \times 4.106}{5}$ $\frac{(42) \times 4.106 = 8,4 \times 4.106}{5}$ $\underline{33.600.000 \text{ sel/ml}}$
14	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.106}{5}$ $\frac{(5+4+9+7+6) \times 4.106}{5}$ $\frac{(31) \times 4.106 = 6,2 \times 4.106}{5}$ $\underline{24.800.000 \text{ sel/ml}}$
15	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.106}{5}$ $\frac{(3+9+6+5+7) \times 4.106}{5}$ $\frac{(30) \times 4.106 = 6 \times 4.106}{5}$ $\underline{24.000.000 \text{ sel/ml}}$

0,5 M (40‰)

Hari ke	Perhitungan
1	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(9+4+5+3+8)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(29)}{5} \times 4.10^6 = 5,8 \times 4.10^6$ $23.200.000 \text{ sel/ml}$
2	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(10+9+6+9+10)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(44)}{5} \times 4.10^6 = 8,8 \times 4.10^6$ $42.400.000 \text{ sel/ml}$
3	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(15+14+11+13+12)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(65)}{5} \times 4.10^6 = 13 \times 4.10^6$ $52.000.000 \text{ sel/ml}$
4	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(20+15+16+15+19)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(85)}{5} \times 4.10^6 = 17 \times 4.10^6$ $68.000.000 \text{ sel/ml}$

5	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(24+17+18+21+16) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(96)}{5} \times 4.10^6 = 19,2 \times 4.10^6$ <p>76.800.000 sel/ml</p>
6	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(26+18+16+21+19) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(100)}{5} \times 4.10^6 = 20 \times 4.10^6$ <p>80.000.000 sel/ml</p>
7	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(13+17+10+16+14) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(70)}{5} \times 4.10^6 = 14 \times 4.10^6$ <p>56.000.000 sel/ml</p>
8	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(15+12+10+14+9) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(60)}{5} \times 4.10^6 = 12 \times 4.10^6$ <p>48.000.000 sel/ml</p>

9	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(14+9+13+10+11)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(57)}{5} \times 4.10^6 = 11,4 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">45.600.000 sel/ml</p>
10	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(12+11+10+9+9)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(51)}{5} \times 4.10^6 = 10,2 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">40.800.000 sel/ml</p>
11	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(11+7+9+11+10)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(48)}{5} \times 4.10^6 = 9,6 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">38.400.000 sel/ml</p>
12	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(12+6+10+9+7)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(44)}{5} \times 4.10^6 = 8,8 \times 4.10^6$ <p style="text-align: center;">35.200.000 sel/ml</p>

13	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(15+10+9+12+11) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(57) \times 4.10^6}{5} = 11,4 \times 4.10^6$ <p>45.600.000 sel/ml</p>
14	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(9+12+4+8+10) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(43) \times 4.10^6}{5} = 8,6 \times 4.10^6$ <p>34.400.000 sel/ml</p>
15	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(6+4+6+6+5) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(26) \times 4.10^6}{5} = 5,2 \times 4.10^6$ <p>21.600.000 sel/ml</p>

1 M (83‰)

Hari ke	Perhitungan
1	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(8+4+9+3+5) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(29) \times 4.10^6}{5} = 5,8 \times 4.10^6$ <p>23.200.000 sel/ml</p>
2	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(4+7+6+5+7) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(29) \times 4.10^6}{5} = 5,8 \times 4.10^6$ <p>23.200.000 sel/ml</p>
3	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(13+14+12+13+12) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(38) \times 4.10^6}{5} = 7,6 \times 4.10^6$ <p>51.200.000 sel/ml</p>
4	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(18+20+14+13+15) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(80) \times 4.10^6}{5} = 16 \times 4.10^6$ <p>64.000.000 sel/ml</p>

5	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(19+21+23+15+14) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(92)}{5} \times 4.10^6 = 18,4 \times 4.10^6$ <p>73.600.000 sel/ml</p>
6	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(13+16+12+11+14) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(66)}{5} \times 4.10^6 = 13,2 \times 4.10^6$ <p>52.800.000 sel/ml</p>
7	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(10+13+12+11+13) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(59)}{5} \times 4.10^6 = 11,8 \times 4.10^6$ <p>47.200.000 sel/ml</p>
8	$\frac{(A+B+C+D+E) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(8+11+9+12+13) \times 4.10^6}{5}$ $\frac{(53)}{5} \times 4.10^6 = 10,6 \times 4.10^6$ <p><u>42.400.000 sel/ml</u></p>

9	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(14+10+6+13+11)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(54)}{5} \times 4.10^6 = 10,8 \times 4.10^6$ $43.200.000 \text{ sel/ml}$
10	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(5+12+9+11+12)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(49)}{5} \times 4.10^6 = 9,8 \times 4.10^6$ $39.200.000 \text{ sel/ml}$
11	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(10+7+5+9+4)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(35)}{5} \times 4.10^6 = 6,8 \times 4.10^6$ $28.000.000 \text{ sel/ml}$
12	$(A+B+C+D+E) \times 4.10^6$ $(5+7+4+8+9) \times 4.10^6$ $(33) \times 4.10^6 = 6,6 \times 4.10^6$ $26.400.000 \text{ sel/ml}$

13	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(4+6+5+6+6)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(27)}{5} \times 4.10^6 = 5,4 \times 4.10^6$ <p>21.600.000 sel/ml</p>
14	$\frac{(A+B+C+D+E)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(6+3+4+10+5)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(28)}{5} \times 4.10^6 = 5,6 \times 4.10^6$ <p>19.200.000 sel/ml</p>
15	$\frac{A+B+C+D+E}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(7+4+6+3+3)}{5} \times 4.10^6$ $\frac{(23)}{5} \times 4.10^6 = 4,6 \times 4.10^6$ <p>18.400.000 sel/ml</p>



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Mojokerto, 11 April 1998. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Agus Suradi dan Pani. Penulis tinggal di Mojokerto, memulai pendidikan di TK Persiapan, SDN Pucuk 1 dan SMPN 1 Dawarblandong,

Mojokerto. Ketika SMP penulis aktif mengikuti kegiatan paduan suara. Penulis melanjutkan studi di SMAN 1 Dawarblandong, Mojokerto. Ketika SMA penulis aktif dalam organisasi OSIS, dan tergabung dalam PASKIBRAKA PASSNIDA sebagai sekretaris. Pada tahun 2016 penulis diberikan kesempatan melanjutkan pendidikan di Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selain berkuliah penulis aktif di kegiatan Ormawa dengan menjabat sebagai Staff Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMABITS RESONANSI 2018/2019, aktif kegiatan pelatihan LKMM PRA-TD, LKMM TD, LKMW TD dan aktif dalam kegiatan lomba olahraga dibidang Volly baik di Departemen, Fakultas dan Institut. Penulis pernah mendapat juara 1 bola volley putri baik di tingkat Fakultas maupun Institut. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, di bagian Kompartement Riset dan Pupuk Hayati.

