

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL KEBUDAYAAN**

**KAJIAN**

**“MINYAK ATSIRI UNTUK KONSERVASI CAGAR BUDAYA BATU  
TAHAP II”**



**OLEH :**

**Sri Wahyuni, A.Md  
Winda Diah Puspita Rini, S.S  
Bambang Kasatriyanto, S.Ikom  
Al Widyo Purwoko  
Basuki Rachmat**

**BALAI KONSERVASI BOROBUDUR  
MAGELANG  
2016**

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Dasar**

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2010 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah
3. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 29 tahun 2015 Tanggal 9 Oktober 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Konservasi Borobudur
4. Surat keputusan Kepala Balai Konservasi Borobudur No. 2503/HK.501/BK/V/2016 tanggal 2 Mei 2016 tentang Tim Pelaksana Kajian Balai Konservasi Borobudur
5. DIPA Balai Konservasi Borobudur Tahun 2016 Nomor : DIPA-023.15.2.427775/2016 tanggal 7 Desember 2015

### **1.2 Latar Belakang**

Cagar budaya berbahan batu banyak ditemui di dunia, di bumi pertiwi Indonesia sering kita jumpai dalam berbagai macam jenis, bentuk dan ukuran. Cagar budaya berbahan batu banyak kita jumpai berupa bangunan/candi dan juga artefak baik dalam bentuk menhir, arca, dakon, dll. Cagar budaya berbahan batu terletak di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Cagar budaya yang terletak di luar ruangan sangat rentan terhadap kerusakan dan pelapukan. Kerusakan dan pelapukan pada cagar budaya dapat disebabkan oleh faktor internal yaitu material penyusun benda itu sendiri maupun faktor eksternal yaitu lingkungan benda itu berada.

Jenis kerusakan dan pelapukan terdiri dari fisis, kimia dan biologi. Pelapukan yang terjadi pada cagar budaya berbahan batu akibat faktor biologi disebabkan oleh pertumbuhan ganggang/*algae*, lumut/*moss*, lumut kerak/*lichen*.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menangani lumut kerak yang selama ini dilakukan adalah dengan menggunakan bahan kimia AC 322. Komponen AC 322 sendiri terdiri dari ammonium bikarbonat, sodium bikarbonat, disodium salt EDTA, CMC, Arkopal dan air.

Bahan AC 322 merupakan satu-satunya bahan yang digunakan dalam menangani permasalahan lumut kerak yang menempel pada permukaan batu. Oleh sebab itu upaya pengembangan bahan konservan sebagai alternatif lain untuk penanganan permasalahan lumut kerak perlu dipikirkan.

Balai Konservasi Borobudur memulai mengembangkan metode serta teknik konservasi berbasis penggunaan bahan tradisional. Salah satu usaha yang dilakukan untuk menanggapi permasalahan lumut kerak dengan menggunakan minyak atsiri. Minyak atsiri dapat digunakan sebagai pestisida nabati. Penggunaan pestisida nabati selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan, harga relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan pestisida kimia sintetik(Sudarmo, 2005). Minyak atsiri banyak tersedia di alam dan berbagai macam minyak atsiri sudah banyak digunakan sebagai bahan antijamur.

Pada akhir tahun 2014 sampai awal tahun 2015 Balai Konservasi Borobudur bekerjasama dengan Universitas Islam Indonesia untuk melakukan usaha penanganan lumut kerak. Kerjasama yang dilakukan dalam bentuk penelitian 3 orang mahasiswa dari Program studi Kimia Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia dalam rangka tugas akhir untuk memperoleh gelar kesarjanaan. Adapun minyak atsiri yang dipakai adalah minyak atsiri cengkeh, minyak biji pala dan minyak serai wangi.

Pada tahun 2015 dilakukan kajian terhadap penggunaan minyak atsiri untuk menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium sp* dari lumut kerak pada cagar budaya batu andesit dengan menggunakan minyak atsiri nilam, minyak temulawak, dan minyak terpentin. Dari beberapa jenis minyak atsiri yang digunakan minyak atsiri cengkeh, biji pala, serai wangi, nilam, temulawak dan terpentin mampu menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium sp* dari lumut kerak.

Lumut kerak merupakan simbiosis antara jamur dan alga, oleh sebab itu pada tahun 2016 ini dilakukan kajian lanjutan untuk mengetahui daya hambat minyak atsiri terhadap pertumbuhan alga. Minyak atsiri yang digunakan adalah minyak atsiri cengkeh, biji pala, temulawak dan nilam.

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari kajian ini adalah mengkaji efektifitas minyak atsiri sebagai herbisida khususnya terhadap mikroalga dari lumut kerak/*lichen*.

Tujuan dari kajian “Minyak Atsiri untuk Konservasi Cagar Budaya Batu Tahap II” adalah mencari bahan serta metode yang tepat untuk menanggapi mikroalga dari lumut kerak/*lichen* yang terdapat pada cagar budaya berbahan batu andesit

#### **1.4 Ruang Lingkup Kajian**

Adapun ruang lingkup kajian ini adalah ganggang/*algae* dari lumut kerak/*lichen* pada cagar budaya berbahan batu andesit

Bahan yang digunakan adalah minyak atsiri cengkeh, biji pala, temulawak dan nilam.

#### **1.5 Metode Penelitian**

Adapun metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka, eksperimen di laboratorium

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pelapukan batuan

Pelapukan merupakan perubahan fisik dan kimia dari suatu batuan atau mineral yang terekspos di dekat permukaan bumi. (Price dan Burton, 2011)

Definisi pelapukan (*decay*) yang lainnya adalah perubahan material menuju pada pengurangan ketahanan, meningkatnya porositas dan kerapuhan, hilangnya material yang biasanya dari luar dan bekerja ke dalam, utamanya berhubungan dengan proses fisik, biologis, dan kimia. (Giorgio Croci, 1998 : 41)

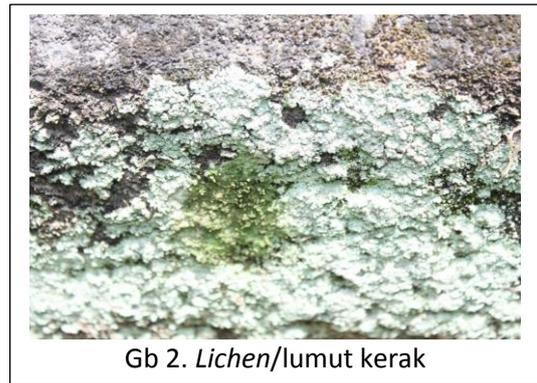
Proses pelapukan dibedakan menjadi 3 yaitu pelapukan fisis, pelapukan kimia dan pelapukan biologis.

- a. Pelapukan fisis disebabkan oleh adanya perubahan suhu dan kelembaban antara siang dan malam. Bentuk gejala pelapukan berupa keausan, pengelupasan, retakan-retakan mikro, dll.
- b. Pelapukan kimia terutama disebabkan oleh adanya air, baik dalam bentuk air kapiler, air hujan, maupun air yang telah terpolusi. Bentuk gejala pelapukan adalah terjadinya sedimentasi, kristal-kristal garam terlarut, oksidasi, korosi, dll
- c. Pelapukan biologis terutama disebabkan oleh pertumbuhan jasad. Adanya jasad tertentu dari hasil sekresinya dapat melarutkan unsur-unsur bahan bangunan yang digunakan. Bahkan ada yang dapat merusak secara mekanis akibat penyusupan akar-akar pohon jenis tanaman keras. (Winarno, 2001)

Pelapukan biologis sendiri disebabkan oleh adanya mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan maupun pada celah-celah batuan. Mikroorganisme tumbuh pada permukaan batu ataupun pada celah-celah batu yang lembab. Jenis mikroorganisme yang tumbuh pada batuan yaitu jamur, lumut, ganggang/*algae*, lumut kerak/*lichen*. Secara umum organisme yang hidup akan melakukan metabolisme demi kelangsungan hidupnya. Dalam proses metabolisme tersebut mikroorganisme mengeluarkan senyawa kimia yang dapat menyebabkan pelapukan material batuan yang ditumpangnya.



Gb 1. *Lichen*/lumut kerak pada batu



Gb 2. *Lichen*/lumut kerak

## 2.2 *Lichen*/Lumut Kerak

*Lichen*/lumut kerak merupakan simbiosis antara *algae*/ganggang dan *fungi*/jamur sehingga morfologi dan fisiologinya merupakan satu kesatuan.

*Lichen* merupakan tumbuhan perintis yang ikut berperan dalam pembentukan tanah. *Lichen* dapat kita temui pada pohon-pohonan dan juga bebatuan. Beberapa jenis *lichen* dapat masuk pada sela-sela batu-batu oleh karena itu *lichen* memiliki sifat *endolitik*. Dan sebagian *lichen* hidup pada permukaan batuan atau *epilithic*.

*Lichen* sendiri tidak memerlukan syarat hidup yang tinggi karena *lichen* dapat hidup pada cuaca panas yang sangat terik dan tahan terhadap kekurangan air dalam jangka waktu yang panjang. *Lichen* yang hidup pada batu-batu hanya mengalami kekeringan saja tetapi tidak mati dan apabila terkena air hujan maka akan hidup kembali. *Lichen* memerlukan waktu yang lama untuk tumbuhnya, pertumbuhan *lichen* sangat lambat dalam satu tahun jarang ditemui *lichen* tumbuh lebih dari 1 cm. Pembentukan *lichen* baru terbentuk setelah mengadakan pertumbuhan vegetatif bertahun-tahun.

*Lichen*/lumut kerak dalam metabolisanya mengeluarkan asam oksalat sehingga dapat menyebabkan pelapukan pada batuan yang ditumpanginya.

## 2.3 Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan zat yang berbau yang terkandung dalam tanaman dan disebut juga minyak yang mudah menguap karena pada suhu udara biasa mudah menguap tanpa mengalami dekomposisi (Doyle dan Munggal, 1980)..

Minyak atsiri umumnya berbentuk cair diperoleh dari bagian tanaman akar, kulit batang, daun, buah, biji, atau bunga dengan cara destilasi uap, ekstraksi, atau press(ditekan).

Minyak atsiri tidak larut dalam air, larut dalam pelarut organik dan berbau harum sesuai dengan tanaman penghasilnya. Tanaman yang menghasilkan minyak atsiri diperkirakan

berjumlah 150-200 spesies tanaman, yang termasuk dalam famili *Pinaceae*, *Labiatae*, *Compositae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae* dan *Umbelliferaceae* (Ketaren, 1985).

Minyak atsiri telah banyak digunakan dalam berbagai macam industri baik pangan, kosmetik maupun bidang kesehatan.

Menurut Burt(2007), minyak atsiri memiliki sifat antibakteri, anti jamur, anti kanker, anti virus, anti racun, anti parasit, dan anti serangga. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sifat senyawa yang terkandung di dalam tanaman.

Menurut Updhay et al( 2010), dari hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis minyak atsiri mempunyai aktivitas biologi terhadap mikroba seperti bakteri, jamur, ragi, virus, dan nematoda maupun terhadap serangga dan bakteri patogen yang merugikan manusia, hewan dan tumbuhan. Hal ini disebabkan karena senyawa yang terkandung berasal dari golongan terpen, alkohol, aldehyd, dan fenol seperti karvakrol, eugenol, timol, sinamaldehyd, asam sinamat, dan perilaldehyd.

Pemilihan penggunaan minyak atsiri juga sangat ramah terhadap lingkungan dan juga bisa diaplikasikan dimana saja, karena tidak membahayakan bagi kesehatan manusia. (Asthuti, 2002).

### **2.3.1 Minyak Atsiri Cengkeh**

Minyak daun cengkeh dapat dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama yang memiliki komponen paling besar merupakan senyawa fenolat dan eugenol. Senyawa ini mudah diisolasi dengan NaOH kemudian dinetralkan dengan asam mineral. Kelompok kedua mengandung senyawa-senyawa non fenolat yaitu  $\beta$ -kariofilen,  $\alpha$ -kubeben,  $\alpha$ -kopaen, humulen,  $\delta$ -kadien, dan kadina 1,3,5-trien (Sastrohamidjojo, 2004)

### **2.3.2 Minyak Atsiri Biji Pala**

Minyak biji Pala banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi biasanya digunakan dalam bentuk obat-obatan seperti obat sakit perut, bronchotitis, dan rematik. Minyak atsiri biji pala juga banyak dimanfaatkan sebagai antijamur, antiserangga, antibakteri dan juga antioksidan yang kuat (Nurdjanah, 2007).

Komponen utama yang terdapat dalam minyak atsiri biji pala, yang beraroma tinggi dan mempunyai sifat pedas adalah  $\delta$ -pinen,  $\delta$ -kampena, dipentena dan miristisin. Komponen utama dari monoterpen hidrokarbon pada biji pala  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, dan sabinen sedangkan miristin adalah kompone utama dari eter aromatik. Miristin merupakan salah satu komponen

penting dari minyak biji pala yang bersifat beracun dan dapat bertindak sebagai narkotik serta dapat menyebabkan degenerasi hati. Kampena dan turunannya memiliki sifat antibakteri, antijamur, dan insektisida yang kuat. Beberapa minyak atsiri mengandung senyawa monoterpen yang bersifat sebagai antimikroba seperti cymene, sabinen,  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, sitronellol, geraniol, carvacrol, thymol, farnesol, dan caryophyllene. (Reichling, 2009).

### 2.3.3 Minyak Atsiri Nilam

Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) merupakan salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri. Minyak nilam merupakan minyak atsiri yang mengandung patchouli alkohol dan merupakan penyusun utama dari minyak nilam. Patchouli alkohol ( $C_{15}H_{26}O$ ) merupakan senyawa seskuiterpen alkohol tersier trisiklik yang mempunyai gugus hidroksil yaitu OH dan 4 gugus metil.

Kandungan minyak atsiri yang dilaporkan oleh Michael terra (1992), Daniel M (2006), Baby P et al (2007), Guan et al (1994), Supawan et al (2006) dalam Chakrapani et al pada tahun 2013 menjelaskan bahwa senyawa kimia yang terdapat dalam minyak atsiri nilam umumnya adalah seskuiterpen dan seskuiterpen teroksidasi seperti  $\beta$ -elemene,  $\delta$ -guaiene, azulane, caryophyllene, patchouli alcohol dan sebagainya. Senyawa seskuiterpen mempunyai efek yang cukup besar sebagai antimikroba, anti jamur dan antibiotik (Ali, et al, 2008). Minyak nilam juga dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur dan mikroba karena mengandung seskuiterpen. Dalam Rahmi, dkk (2014), dilakukan pengujian minyak atsiri nilam sebagai bahan antimikroba.

Senyawa antimikroba sendiri adalah suatu komponen yang mampu menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba. Senyawa ini bersifat bakterisidal (membunuh bakteri), bakteristatik (menghambat pertumbuhan bakteri), fungisidal (membunuh jamur), ataupun germisidal (menghambat germinasi spora bakteri). Senyawa kimia yang bersifat sebagai antimikroba yaitu senyawa fenolik, halogen, minyak atsiri, zat warna, asam dan basa (Pelezar dan Reid, 1982)

Mekanisme kerja agen antimikroba adalah dengan cara merusak lapisan fosfolipid membran sel mikroorganisme yang menyebabkan peningkatan permeabilitas dan kerusakan membran sel diikuti pecahnya sel sehingga menyebabkan hilangnya sejumlah konstituen (Jawetz, 2001).

#### **2.3.4 Minyak Atsiri Temulawak**

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) termasuk dalam tanaman obat-obatan yang tergolong dalam suku temu-temuan (Zingiberaceae). Minyak atsiri temulawak mengandung siklo-isoren, mirsein,  $\delta$ -kamper,  $\beta$ -tolil metilkarboni, zat warna kurkumin, feladrena, turmerol, dan pati (Susilo, 1989).

Dalam temulawak terkandung zat aktif yang berperan sebagai antimikroba yaitu xanthorrhizol. (Sembiring, 2006)

Senyawa xanthorrhizol terdiri dari senyawa fenol dan hidrokarbon. Gugus OH dan fenol dalam xanthorrhizol sangat penting dalam aktifitasnya sebagai antimikroba. (Parwata, 2008).

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Balai Konservasi Borobudur. Penelitian berlangsung selama 6 bulan dari bulan Juli-November 2016

#### 3.2 Bahan Penelitian

##### 3.2.1 Mikroorganisme

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga. Mikroalga yang berasal dari sampel lichen pada batuan lepas Candi Borobudur terletak di Museum Borobudur. Lichen merupakan simbiosis antara jamur dan alga, untuk memisahkan kedua komponen penyusun kemudian dipisahkan dengan cara disentrifuse dengan kecepatan 350 rpm selama 30 menit. Hasil pemisahan pada bagian bawah diperkirakan merupakan mikroalga sedangkan bagian atas jamur. Mikroalga hasil isolasi kemudian digunakan dalam penelitian ini.



##### 3.2.2 Medium

Medium yang digunakan untuk biakan mikroalga dalam penelitian adalah medium BG 11. Medium BG 11 merupakan medium yang digunakan untuk biakan cyanobacteria. Komposisi mediaum BG 11 sebagai berikut :  $\text{NaNO}_3$  sebesar 1,5 gram,  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,04 gram,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,075 gram,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,036 gram, Citric Acid sebesar 0,006 gram, Ferric ammonium citrate sebesar 0,006 gram,  $\text{EDTA}(\text{Na}_2\text{MgSalt})$  sebesar 0,001 gram,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 0,02 gram, *Trace Metal Solution* sebesar 1,0 ml/liter, dan aquadest

- ❖ Trace metal solution terdiri dari  $H_3BO_3$ ,  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $Na_2MoO_4 \cdot 2 H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dan  $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

### 3.2.3 Bahan yang digunakan dalam Percobaan

Bahan pengujian yang digunakan meliputi minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala. Bahan yang digunakan sebagai pelarut yaitu ethanol. Bahan kimia yang digunakan sebagai pendukung kajian antara lain alkohol 70% untuk sterilisasi peralatan, spiritus, korek api, kertas pH universal 1-14(merck).

### 3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan selama kajian meliputi alat gelas dan alat pengujian. Alat gelas yang digunakan yaitu erlenmeyer 250 ml, labu takar (10 ml, 500 ml) pipet tetes, pipet gondok (1 ml, 2 ml, 5 ml, 9 ml), autoklaf, perparat kaca, mikroskop, oven, timbangan, bunsen, hemositometer.

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.4.1 Rancangan Percobaan

Perlakuan yang diberikan pada mikroalga selama 15 hari dengan variasi pengamatan 0 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari, 10 hari dan 15 hari. Bahan uji yang digunakan yaitu minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Pengujian yang dilakukan sebanyak 20 perlakuan setiap variasi hari.

Rancangan Percobaan :

<b>Variasi Hari</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Bahan Uji</b>						
Nilam						
10%	1	1	1	1	1	1
20%	1	1	1	1	1	1
30%	1	1	1	1	1	1
40%	1	1	1	1	1	1
50%	1	1	1	1	1	1
Temulawak						
10%	1	1	1	1	1	1
20%	1	1	1	1	1	1
30%	1	1	1	1	1	1
40%	1	1	1	1	1	1
50%	1	1	1	1	1	1

Cengkeh						
10%	1	1	1	1	1	1
20%	1	1	1	1	1	1
30%	1	1	1	1	1	1
40%	1	1	1	1	1	1
50%	1	1	1	1	1	1
Pala						
10%	1	1	1	1	1	1
20%	1	1	1	1	1	1
30%	1	1	1	1	1	1
40%	1	1	1	1	1	1
50%	1	1	1	1	1	1

### 3.4.2 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam percobaan harus dalam keadaan steril. Seluruh alat gelas disterilkan secara kering menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 105°C dan peralatan gelas harus dibungkus dahulu menggunakan kertas manila. Tujuan sterilisasi alat untuk menghindari dan mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi pada biakan saat percobaan berlangsung. Kondisi steril merupakan keadaan yang bebas dari semua kehidupan mikroorganisme baik sel-sel vegetatif maupun sel-sel generatif (Anderson, 1973:133).

### 3.4.3 Pembuatan Medium BG 11

Berdasarkan (Prescott, L.M), medium BG 11 terdiri dari beberapa komponen bahan kimia. Berikut ini cara pembuatan medium BG 11 :

- Ditimbang  $\text{NaNO}_3$  sebesar 1,5 gram
- Ditimbang  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,04 gram
- Ditimbang  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,075 gram
- Ditimbang  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,036 gram
- Ditimbang Citric Acid sebesar 0,006 gram
- Ditimbang Ferric ammonium citrate sebesar 0,006 gram
- Ditimbang EDTA( $\text{Na}_2\text{MgSalt}$ ) sebesar 0,001 gram
- Ditimbang  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 0,02 gram
- Ditambahkan *Trace Metal Solution* sebesar 1,0 ml/liter
- Dilarutkan dalam 1000 ml aquadest
- Cek pH 7,4
- Dipanaskan dalam alat pemanas/*hot plate* aduk hingga mendidih
- Disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

- ❖ Trace metal solution terdiri dari  $H_3BO_3$ ,  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $Na_2MoO_4 \cdot 2 H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dan  $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

#### **3.4.4 Peremajaan Sub Kultur Biakan Mikroalga**

Peremajaan Sub-kultur biakan mikroalga digunakan untuk menyediakan mikroalga yang akan diuji cobakan dengan minyak atsiri sebagai bahan antialga.

Adapun cara yang digunakan dalam peremajaan Sub-kultur biakan mikroalga dengan mengambil 1/3 volume biakan mikroalga kemudian ditambahkan 2/3 volume medium BG11. Mikroalga yang akan dibiakkan kemudian diletakkan dekat dengan sumber cahaya matahari sehingga membantu dalam proses fotosintesis untuk pertumbuhan mikroalga.

#### **3.4.5 Pembuatan Larutan Penguji**

Minyak Atsiri yang digunakan sebagai bahan yang akan diuji untuk menghambat pertumbuhan mikroalga adalah nilam, temulawak, cengkeh, dan pala.. variasi konsentrasi yang dirancangkan dalam kajian adalah (10-50)%

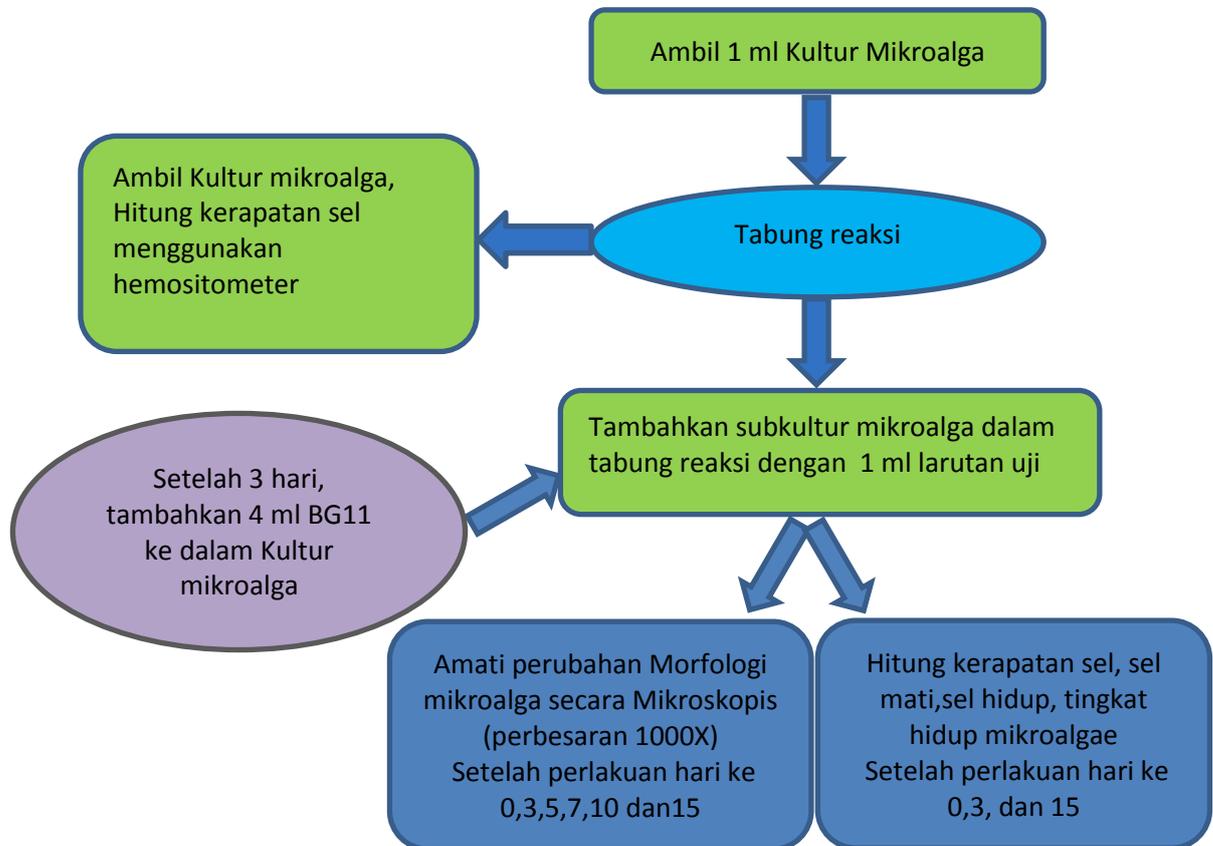
Pembuatan minyak atsiri konsentrasi 10% hingga 50% sebagai berikut :

- Minyak Atsiri nilam konsentrasi (10-50)%  
Pipet berturut-turut 1,2,3,4, dan 5 ml minyak atsiri nilam ke dalam labu takar 10 ml, diencerkan dengan pelarut ethanol hingga 10 ml.
- Minyak Atsiri temulawak konsentrasi (10-50)%  
Pipet berturut-turut 1,2,3,4, dan 5 ml minyak atsiri temulawak ke dalam labu takar 10 ml, diencerkan dengan pelarut ethanol hingga 10 ml.
- Minyak Atsiri cengkeh konsentrasi (10-50)%  
Pipet berturut-turut 1,2,3,4, dan 5 ml minyak atsiri cengkeh ke dalam labu takar 10 ml, diencerkan dengan pelarut ethanol hingga 10 ml.
- Minyak Atsiri pala konsentrasi (10-50)%  
Pipet berturut-turut 1,2,3,4, dan 5 ml minyak atsiri pala ke dalam labu takar 10 ml, diencerkan dengan pelarut ethanol hingga 10 ml.

#### **3.4.6 Pengujian Minyak Atsiri Untuk Penghambatan Pertumbuhan Sel Mikroalga**

Pengujian efektifitas minyak atsiri untuk menghambat pertumbuhan mikroalga dilakukan secara mikroskopis dengan melihat perubahan morfologi perubahan warna kloroplas

dan pengamatan jumlah mortalitas sel mikroalga. Pengujian efektifitas minyak atsiri untuk menghambat pertumbuhan sel mikroalga sebagai berikut :



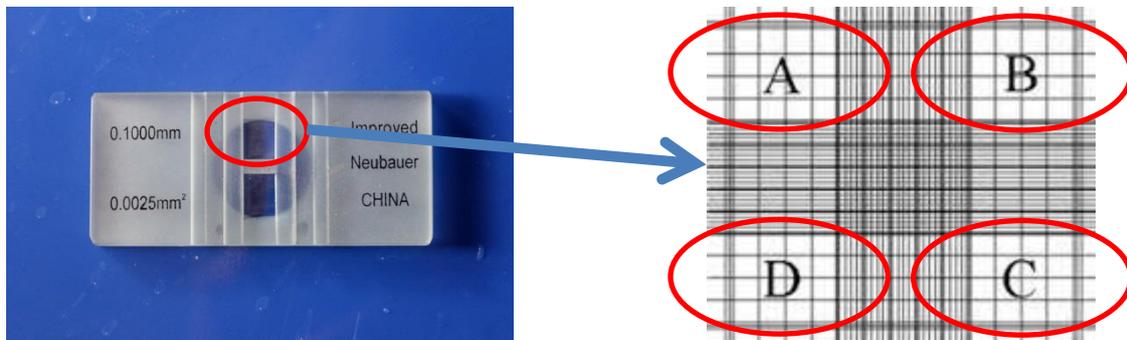
### 3.4.7 Pengukuran Parameter Pengamatan

#### 3.4.7.1 Pengamatan Warna Kloroplas Mikroalga secara Mikroskopis

Pengamatan warna kloroplas sel mikroalga dilakukan secara mikroskopis selama 0 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari, 10 hari dan 15 hari. Pengamatan dilakukan dengan mengambil mikroalga dalam larutan uji kemudian diletakkan pada permukaan preparat kaca selanjutnya diamati secara mikroskopis dengan perbesaran 1000x. Berdasarkan warna kloroplas sel mikroalga kemudian dilakukan skoring untuk mempermudah dalam interpretasi data. Skor yang digunakan yaitu 5,4,3,2 dan 1 dengan kriteria semakin berkurang warna hijau kloroplas sel mikroalga maka skor makin kecil.

### 3.4.7.2 Penghitungan Kerapatan sel, Viabilitas sel, Mortalitas sel Mikroalga dengan Metode Kamar Hitung

Penghitungan kerapatan sel, viabilitas sel, mortalitas sel mikroalga dapat dilakukan dengan menggunakan metode kamar hitung *Improved Neubauer*. Pengamatan secara mikroskopis dilakukan selama 0, 3 dan 15 hari. Data jumlah sel yang didapat digunakan untuk menghitung jumlah sel keseluruhan, yang terdiri dari jumlah sel hidup dan jumlah sel mati. Sel yang dihitung adalah sel yang berada di 4 kotak besar yang terletak disudut luar kamar *Improved Neubauer* dengan tanda W (White). Masing-masing kotak tersebut memiliki volume  $1,0 \text{ mm}^3$ . Menurut Ali(2001:7), kerapatan sel dalam 1,0 ml sampel dihitung dengan rumus  $k = n \times p \times 2500$ , dengan  $k$  = kerapatan sel ( $\text{sel.mL}^{-1}$ ),  $n$  = jumlah total sel individu pada keempat kotak kamar hitung, dan  $p$  adalah tingkat pengenceran yang digunakan. Penghitungan dilakukan sebanyak 2 ulangan setiap perlakuan.



Dari perhitungan sel dengan menggunakan metode kamar hitung diperoleh data berupa jumlah kerapatan sel total yang terdiri dari jumlah kerapatan sel hidup dan jumlah kerapatan sel mati.

Untuk menghitung Mortalitas atau jumlah sel mati maka digunakan rumus sebagai berikut

$$\% \text{ Mortalitas} = \frac{\text{Jumlah Kerapatan Sel mati}}{\text{Jumlah Kerapatan Sel Total}} \times 100\%$$

### 3.5 Penyusunan, Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh disusun dalam bentuk foto, tabel, dan grafik. Analisis data secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis data kualitatif meliputi pengamatan mikroskopik sel yaitu perubahan warna kloroplas sel mikroalga. Analisis data kuantitatif meliputi penghitungan jumlah sel yang terdiri dari jumlah sel hidup, jumlah sel mati untuk membuat kurva mortalitas mikroalga selama percobaan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

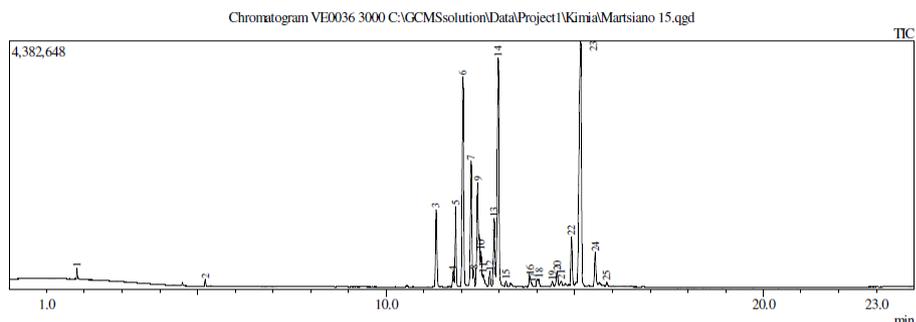
#### 4.1 Analisis Komponen Senyawa Minyak Atsiri Menggunakan Kromatografi Gas Spektro Massa(KG-MS)

Analisis komponen senyawa dalam minyak atsiri dengan menggunakan alat KG-SM. Komponen senyawa minyak atsiri diidentifikasi dari spektra massa melalui puncak-puncak yang ada pada kromatogram. Urutan senyawa dilihat dari waktu retensi paling kecil adalah senyawa yang paling ringan dan mudah menguap sehingga terbawa pertama kali oleh fasa gerak yang berupa gas argon dalam kolom kromatografi gas.

Minyak atsiri yang diidentifikasi komponen senyawanya ada 2 yaitu nilam dan temulawak

##### 4.1.1 Analisis Komponen Minyak Atsiri Nilam

Berikut ini disajikan kromatogram dari minyak atsiri nilam dengan menggunakan KG-SM

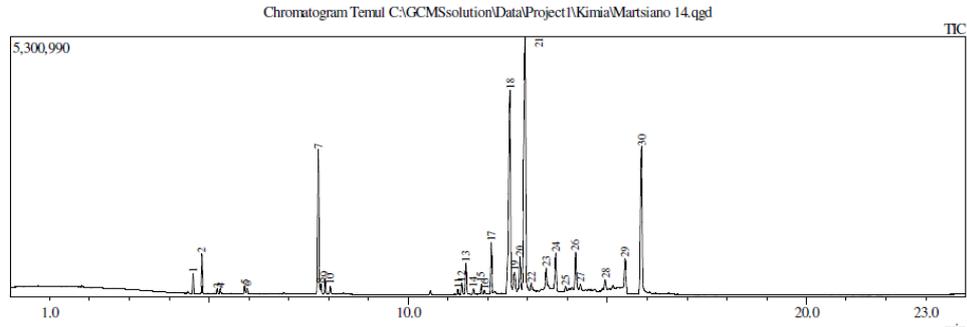


Gambar. Kromatogram Minyak Atsiri Nilam

Dari kromatogram pada gambar di atas terlihat 25 puncak yang terdeteksi. Masing-masing puncak memiliki waktu retensi dan % komponen. Berdasarkan analisis Kromatografi Spektro massa, komponen utama senyawa kimia minyak atsiri nilam adalah patchouli alcohol 24,62 % area,  $\Delta$ -Guaiene 17,07 % area,  $\alpha$ -Guaiene 13,62 % area,  $\alpha$ -Patchoulene 8,76 % area

#### 4.1.2 Analisis Komponen Minyak Atsiri Temulawak

Berikut ini disajikan kromatogram minyak atsiri temulawak dengan menggunakan KG-SM :



Gambar. Kromatogram Minyak Atsiri Temulawak

Dari kromatogram pada gambar di atas terlihat 30 puncak yang terdeteksi. Masing-masing puncak memiliki waktu retensi dan % komponen. Berikut ini disajikan komponen senyawa minyak atsiri temulawak menggunakan KG-SM. Berdasarkan analisis kromatografi spektro massa, komponen utama senyawa kimia minyak atsiri temulawak adalah Longipinene 27,15 % area,  $\alpha$ -Curcumene 20,55 % area, Phenol 13,37 % area, dan Camphor 9,79 % area.

#### 4.1.3 Komponen Minyak Atsiri Cengkeh

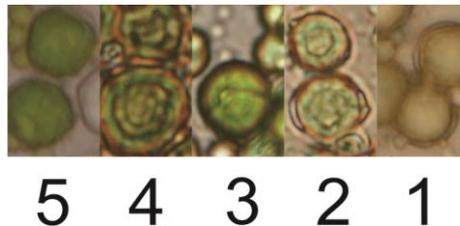
Minyak daun cengkeh dapat dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama yang memiliki komponen paling besar merupakan senyawa fenolat dan eugenol. Senyawa ini mudah diisolasi dengan NaOH kemudian dinetralkan dengan asam mineral. Kelompok kedua mengandung senyawa-senyawa non fenolat yaitu  $\beta$ -kariofilen,  $\alpha$ -kubeben,  $\alpha$ -kopaen, humulen,  $\delta$ -kadien, dan kadina 1,3,5-trien (Sastrohamidjojo, 2004)

#### 4.1.4 Komponen Minyak Atsiri Pala

Komponen utama yang terdapat dalam minyak atsiri biji pala, yang beraroma tinggi dan mempunyai sifat pedas adalah  $\delta$ -pinen,  $\delta$ -kampena, dipentena dan miristin. Komponen utama dari monoterpen hidrokarbon pada biji pala  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, dan sabinen sedangkan miristin adalah kompone utama dari eter aromatik. Miristin merupakan salah satu komponen penting dari minyak biji pala yang bersifat beracun dan dapat bertindak sebagai narkotik serta dapat menyebabkan degenerasi hati.

#### 4.2 Pengujian Efektifitas Minyak Atsiri untuk menghambat Pertumbuhan Sel Mikroalga berdasarkan perubahan morfologi Peluruhan Warna Kloroplas

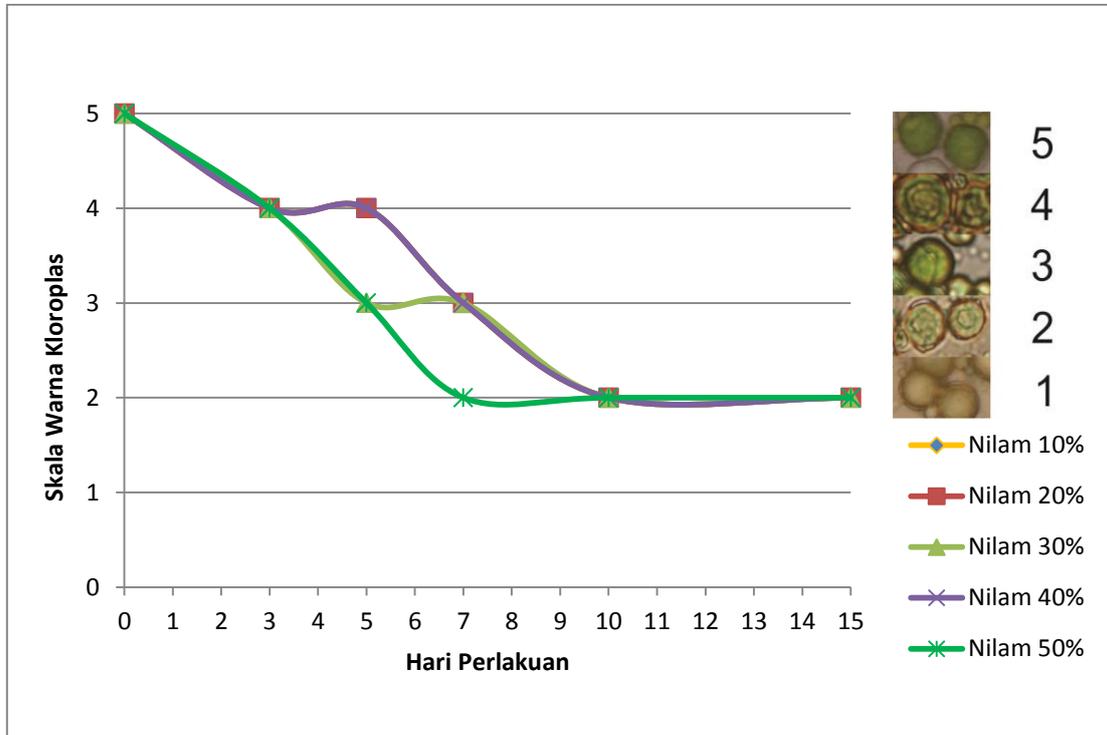
Pengujian dilakukan dengan cara menambahkan bahan uji minyak atsiri ke dalam kultur biakan mikroalga kemudian dilakukan pengamatan secara mikroskopis dengan variasi waktu 0,3,5,7,10 dan 15 hari. Adapun variasi konsentrasi masing-masing minyak atsiri adalah 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Parameter pengujian efektifitas minyak atsiri terhadap perubahan morfologi mikroalga secara mikroskopis berdasarkan pada perubahan warna kloroplas atau peluruhan kloroplas. Hasil pengamatan kemudian didokumentasikan berupa foto kenampakan morfologi mikroalga. Hasil foto perubahan warna atau peluruhan kloroplas mikroalga dari pengujian variasi minyak atsiri berbagai konsentrasi kemudian dilakukan skoring untuk memudahkan interpretasi data. Adapun skor yang digunakan yaitu 5, 4, 3, 2, 1, dengan kriteria semakin berkurang warna hijau kloroplas skor semakin kecil.



Pengamatan tingkat peluruhan peluruhan warna kloroplas bertujuan untuk mengamati daya hambat pertumbuhan sel mikroalga. Di dalam kloroplas terdapat warna hijau atau klorofil yang berguna bagi fotosintesis. Hilangnya warna hijau dapat diartikan bahwa warna kloroplas pudar sehingga mengganggu metabolisme sel dalam proses fotosintesis.. Skala warna 1 menunjukkan warna kuning kecoklatan, pertanda bahwa warna hijau sudah luruh penuh. Dapat dikatakan bahwa sel mikroalga mengalami kematian apabila tidak terdapat warna hijau di dalam selnya karena tidak dapat melakukan proses fotosintesis.

#### 4.2.1 Pengujian efektifitas Minyak Atsiri Nilam

Parameter pengujian berdasarkan peluruhan warna kloroplas dengan pengamatan secara mikroskopis perbesaran 1000x. Hasil perubahan warna kloroplas secara mikroskopis setelah perlakuan minyak atsiri nilam berdasarkan skor warna sebagai berikut:

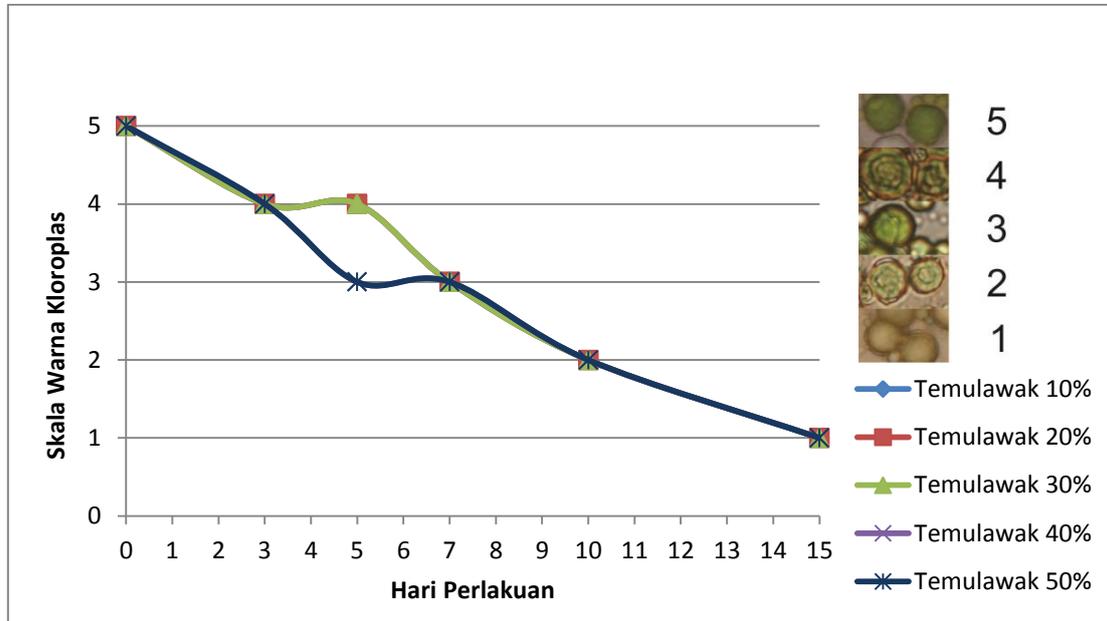


**Grafik 1. Skala Warna Kloroplas Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Nilam**

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa ada perubahan warna kloroplas pada 0 hari sampai perlakuan 15 hari akan tetapi tidak terlalu signifikan. Terlihat pada konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 %, pada hari 0 sampai hari 15 percobaan penurunan warna dari skala 5 hingga skala 2, kloroplas masih terlihat berwarna hijau. Variasi konsentrasi juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, semakin besar konsentrasi tidak berpengaruh terhadap tingkat peluruhan warna kloroplas. Skala warna 2 menunjukkan masih ada sedikit warna hijau, yang menandakan peluruhan warna kloroplas belum maksimal, masih ada klorofil sehingga proses fotosintesis masih dapat berlangsung. Kemungkinan tingkat pertumbuhan sel mikroalga baru lebih banyak dibandingkan dengan sel mikroalga yang mati.

#### 4.2.2 Pengujian Efektifitas Minyak Atsiri Temulawak

Parameter pengujian berdasarkan peluruhan warna kloroplas dengan pengamatan secara mikroskopis perbesaran 1000x. Hasil perubahan warna kloroplas secara mikroskopis setelah perlakuan minyak atsiri temulawak berdasarkan skor warna sebagai berikut:

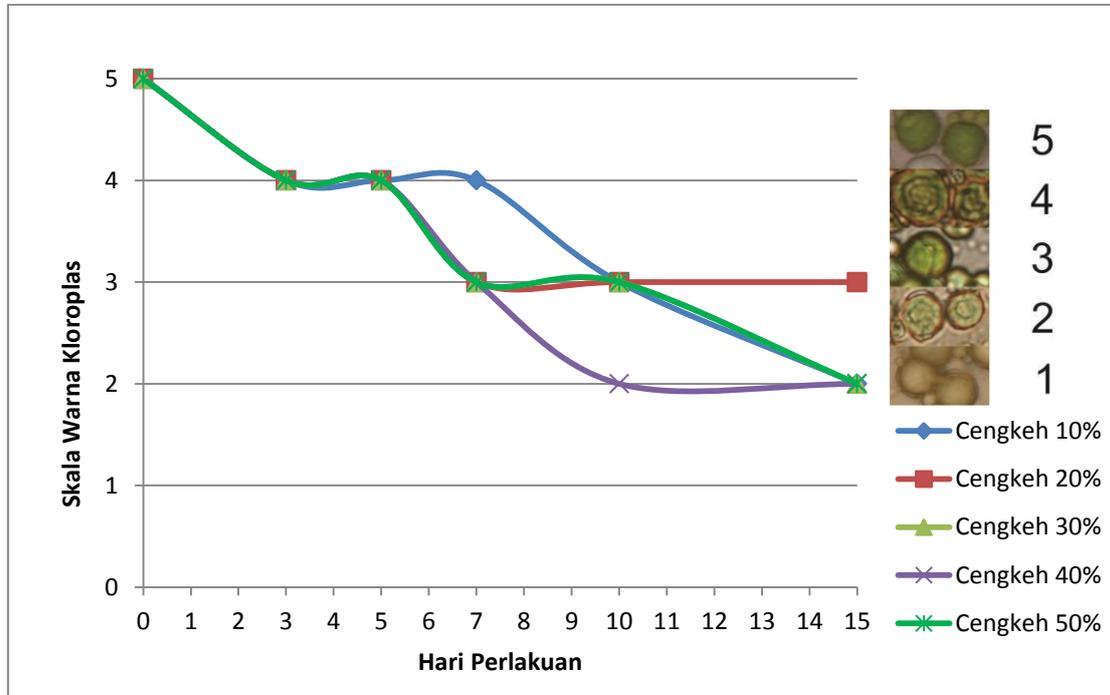


**Grafik 2. Skala Warna Kloroplas Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Temulawak**

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa ada perubahan warna kloroplas signifikan pada 0 hari sampai perlakuan 15 hari. Terlihat pada konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 %, pada hari 0 sampai hari 15 percobaan penurunan warna dari skala 5 hingga skala 1, kloroplas sudah mengalami peluruhan warna menjadi kuning kecoklatan. Variasi konsentrasi 10-50% menunjukkan pola perubahan yang sama dari hari 0 sampai 15. Temulawak konsentrasi 10% percobaan selama 15 hari sudah mampu meluruhkan warna kloroplas. Skala warna 1 menunjukkan sudah tidak ada warna hijau, yang menandakan peluruhan warna kloroplas maksimal, sudah tidak terdapat klorofil sehingga proses fotosintesis tidak dapat berlangsung. Hal ini menandakan bahwa sel mikroalga mati.

### 4.2.3 Pengujian Efektifitas Minyak Atsiri Cengkeh

Parameter pengujian berdasarkan peluruhan warna kloroplas dengan pengamatan secara mikroskopis perbesaran 1000x. Hasil perubahan warna kloroplas secara mikroskopis setelah perlakuan minyak atsiri cengkeh berdasarkan skor warna sebagai berikut:

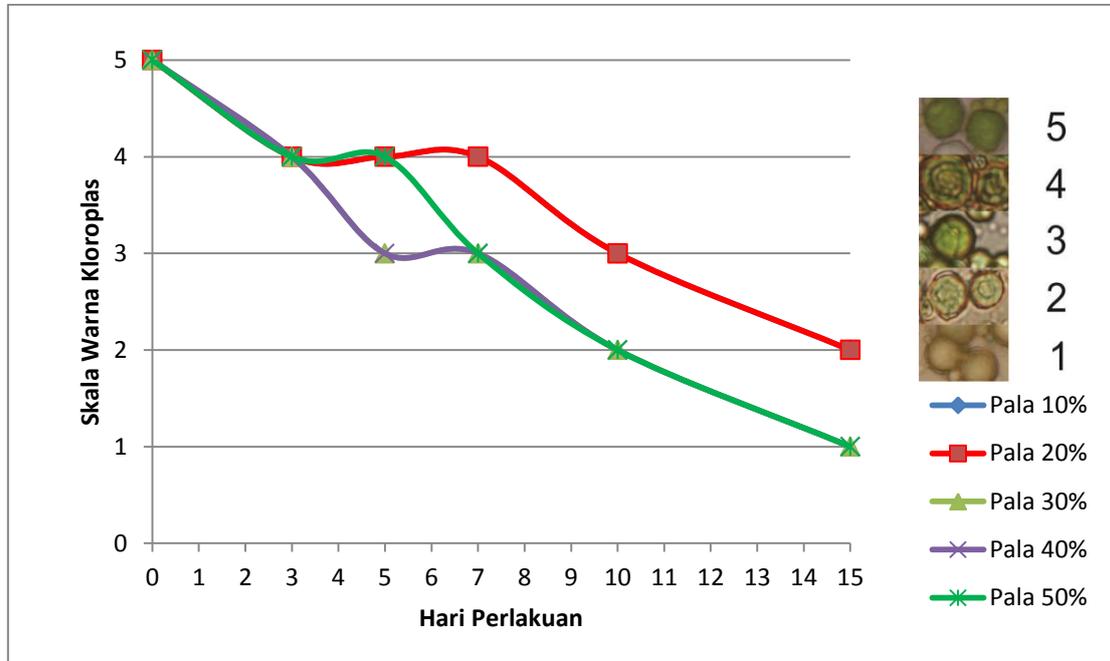


**Grafik 3. Skala Warna Kloroplas Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh**

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa ada perubahan warna kloroplas pada 0 hari sampai perlakuan 15 hari akan tetapi tidak terlalu signifikan. Terlihat pada konsentrasi 10, 30, 40 dan 50 %, pada hari 15 percobaan penurunan warna dari skala 5 hingga skala 2, dan konsentrasi 20% kloroplas masih terlihat berwarna hijau. Variasi konsentrasi juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, semakin besar konsentrasi tidak berpengaruh terhadap tingkat peluruhan warna kloroplas. Skala warna 3 dan 2 menunjukkan masih ada sedikit warna hijau, yang menandakan peluruhan warna kloroplas belum maksimal, masih ada klorofil sehingga proses fotosintesis masih dapat berlangsung. Kemungkinan tingkat pertumbuhan sel mikroalga baru lebih banyak dibandingkan dengan sel mikroalga yang mati.

#### 4.2.4 Pengujian Efektifitas Minyak Atsiri Pala

Parameter pengujian berdasarkan peluruhan warna kloroplas dengan pengamatan secara mikroskopis perbesaran 1000x. Hasil perubahan warna kloroplas secara mikroskopis setelah perlakuan minyak atsiri pala berdasarkan skor warna sebagai berikut:



**Grafik 4. Skala Warna Kloroplas Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Pala**

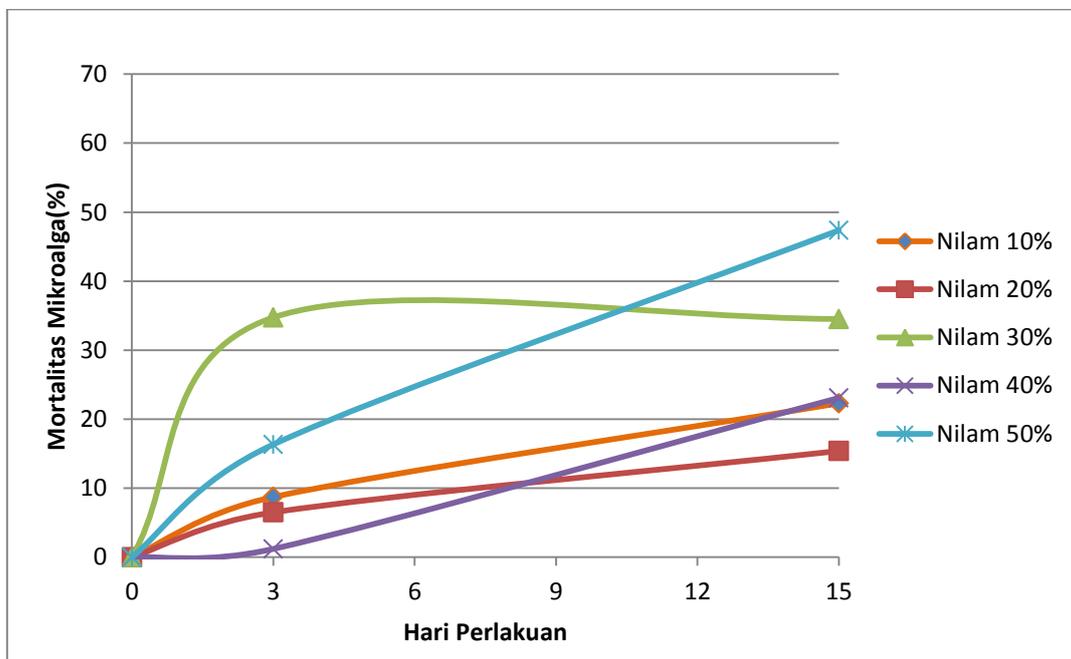
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa ada perubahan warna kloroplas yang signifikan pada 0 hari sampai perlakuan 15 hari. Terlihat pada konsentrasi 10, 30, 40 dan 50 %, pada hari 15 percobaan penurunan warna dari skala 5 hingga skala 1, kloroplas sudah mengalami peluruhan warna menjadi kuning kecoklatan. Sedangkan konsentrasi 20% penurunan warna dari skala 5 hingga skala 2, kloroplas masih terlihat berwarna hijau. Variasi konsentrasi juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, semakin besar konsentrasi tidak berpengaruh terhadap tingkat peluruhan warna kloroplas. Skala warna 3 dan 2 menunjukkan masih ada sedikit warna hijau, yang menandakan peluruhan warna kloroplas belum maksimal, masih ada klorofil sehingga proses fotosintesis masih dapat berlangsung. Skala warna 1 menunjukkan sudah tidak ada warna hijau, yang menandakan peluruhan warna kloroplas maksimal, sudah tidak terdapat klorofil sehingga proses fotosintesis tidak dapat berlangsung. Hal ini menandakan bahwa sel mikroalga mati.

### 4.3 Pengujian Minyak Atsiri untuk menghambat pertumbuhan sel mikroalga berdasarkan mortalitas sel

Pengujian dilakukan dengan cara menambahkan bahan uji minyak atsiri ke dalam kultur biakan mikroalga kemudian dilakukan pengamatan secara mikroskopis tahap selanjutnya perhitungan jumlah sel hidup, sel mati dan tingkat hidup mikroalga setelah perlakuan dengan variasi waktu 0 hari, 3 hari, dan 15 hari. Perhitungan jumlah sel hidup, jumlah sel mati dan jumlah sel total mikroalga menggunakan hemositometer kemudian dihitung dengan sel kalkulator. Adapun variasi konsentrasi masing-masing minyak atsiri adalah 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Parameter pengujian efektifitas minyak atsiri terhadap perubahan morfologi mikroalga secara mikroskopis berdasarkan pada mortalitas sel mikroalga.

#### 4.3.1 Mortalitas Sel Mikroalga setelah perlakuan Minyak Atsiri Nilam

Perhitungan mortalitas sel mikroalga setelah perlakuan 0 hari, 3 hari, dan 15 hari menggunakan hemositometer kemudian dihitung dengan sel kalkulator. Berikut ini disajikan hasil perhitungan mortalitas sel mikroalga dalam grafik



**Grafik 5. Mortalitas Sel Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Nilam**

Berdasarkan hasil pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri nilam, dari grafik di atas hasil menunjukkan terdapat kenaikan jumlah mortalitas dari hari 0 perlakuan, 3 hari perlakuan dan 15 hari perlakuan. Mortalitas sel mikroalga terendah pada

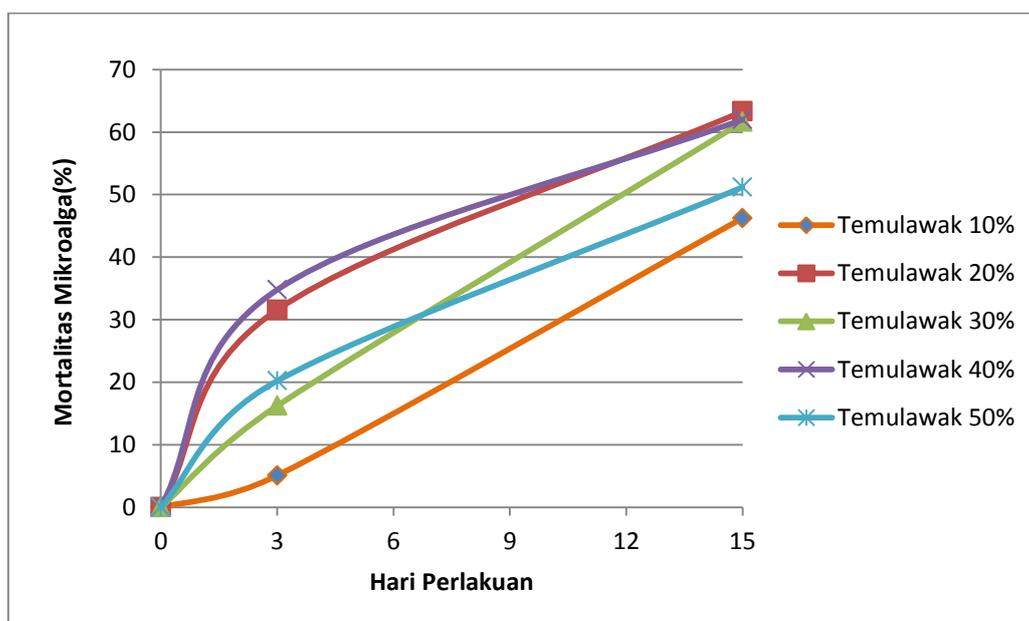
15 hari perlakuan sebesar 15,38 % pada pengujian bahan nilam konsentrasi 20% sedangkan mortalitas sel mikroalga terbesar sebesar 47,37 % pada pengujian nilam konsentrasi 50%.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak nilam pada berbagai variasi hari dalam grafik 5 menunjukkan adanya perubahan yang nyata. Hal ini diperkuat dengan uji Anova satu arah. Pada 15 hari pengujian menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001,  $\text{sig} < 0,05$  menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri nilam pada berbagai variasi konsentrasi dalam grafik 5 tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini diperkuat dengan uji statistik korelasi Pearson dengan program SPSS 20, pengujian variasi konsentrasi terhadap mortalitas sel mikroalga pada 15 hari perlakuan, signifikansi sebesar  $0,082 > 0,05$ , dapat diartikan bahwa variasi konsentrasi tidak berhubungan dengan mortalitas. Nilai korelasi Pearson sebesar 0,728, nilai kekuatan korelasi kuat. Minyak atsiri nilam konsentrasi 50% selama 15 hari perlakuan merupakan konsentrasi maksimal yang dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga, mortalitas sebesar 47,37 %.

#### 4.3.2 Mortalitas Sel Mikroalga setelah perlakuan Minyak Atsiri Temulawak

Perhitungan mortalitas sel mikroalga setelah perlakuan 0 hari, 3 hari, dan 15 hari menggunakan hemositometer kemudian dihitung dengan sel kalkulator. Berikut ini disajikan hasil perhitungan mortalitas sel mikroalga dalam grafik



Grafik 6. Mortalitas Sel Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Temulawak

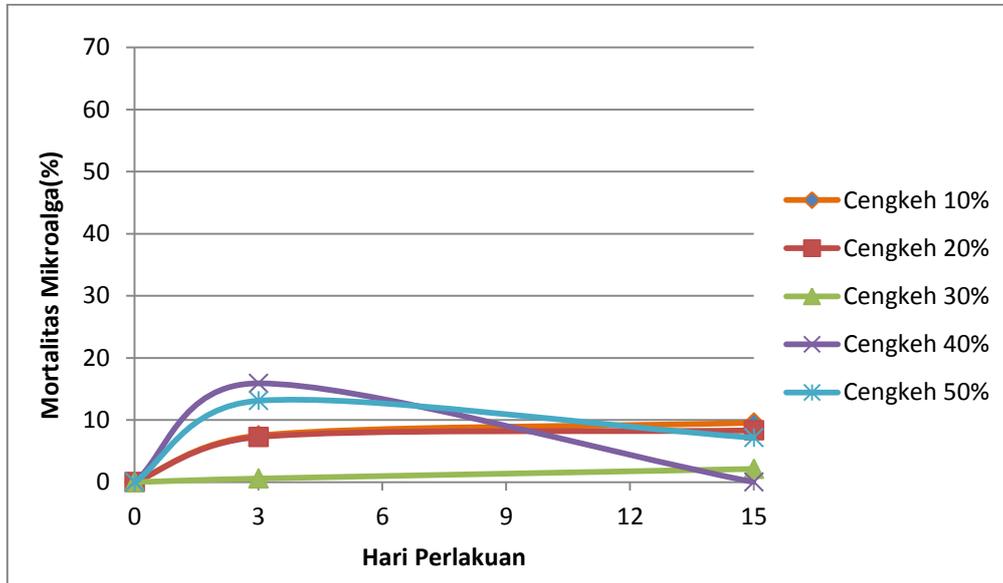
Berdasarkan hasil pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri temulawak , dari grafik diatas hasil menunjukkan terdapat kenaikan jumlah mortalitas dari hari 0 perlakuan, 3 hari perlakuan dan 15 hari perlakuan. Mortalitas sel mikroalga terendah pada 15 hari perlakuan sebesar 46,24 % pada pengujian bahan temulawak konsentrasi 10% sedangkan mortalitas sel mikroalga terbesar sebesar 62 % pada pengujian temulawak konsentrasi 20%.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak temulawak pada berbagai variasi hari dalam grafik 6 menunjukkan adanya perubahan yang nyata. Hal ini diperkuat dengan uji Anova satu arah. Pada 15 hari pengujian menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000, sig < 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri temulawak pada berbagai variasi konsentrasi tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini diperkuat dengan uji statistik korelasi Pearson dengan program SPSS 20, pengujian variasi konsentrasi terhadap mortalitas sel mikroalgae pada 15 hari perlakuan, signifikansi sebesar 0,388 > 0,05, dapat diartikan bahwa variasi konsentrasi tidak berhubungan dengan mortalitas. Nilai korelasi Pearson sebesar 0,177, nilai kekuatan korelasi sangat lemah. Minyak atsiri temulawak konsentrasi 10% selama 15 hari perlakuan dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga, mortalitas sebesar 46,24 %.

#### 4.3.3 Mortalitas Sel Mikroalga setelah perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh

Perhitungan mortalitas sel mikroalga setelah perlakuan 0 hari, 3 hari, dan 15 hari menggunakan hemositometer kemudian dihitung dengan sel kalkulator. Berikut ini disajikan hasil perhitungan mortalitas sel mikroalga dalam grafik



**Grafik 7. Mortalitas Sel Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh**

Berdasarkan hasil pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri cengkeh, dari grafik diatas hasil menunjukkan terdapat kenaikan jumlah mortalitas dari hari 0 perlakuan, 3 hari perlakuan. Perlakuan 15 hari menunjukkan pola yang stagnan. Mortalitas sel mikroalga terendah pada 15 hari perlakuan sebesar 0 % pada pengujian bahan cengkeh konsentrasi 40 % sedangkan mortalitas sel mikroalga terbesar sebesar 9,56 % pada pengujian cengkeh konsentrasi 10 %.

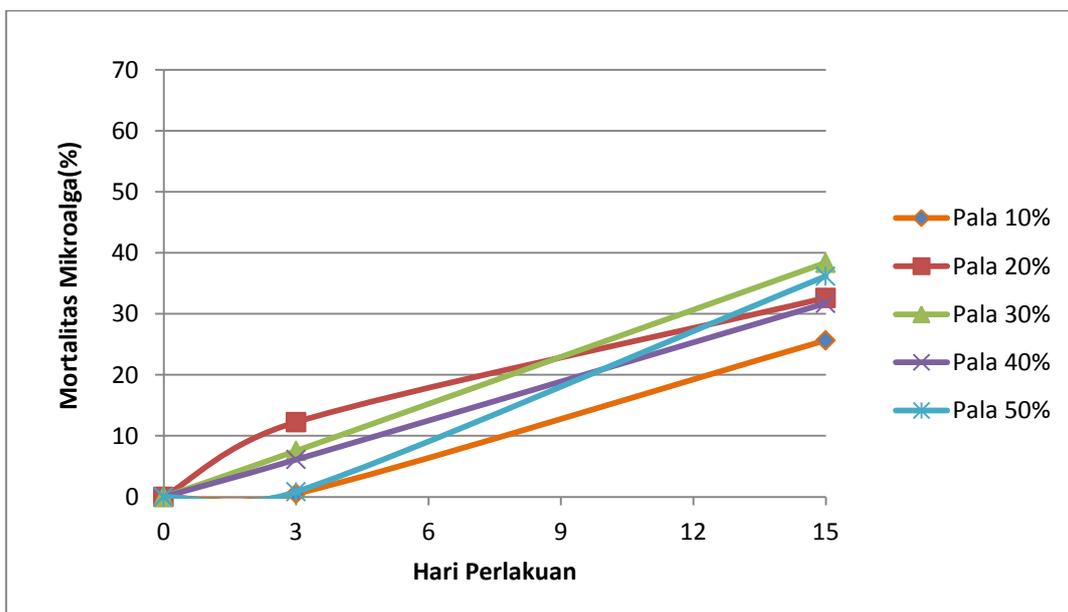
Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri cengkeh pada berbagai variasi hari dalam grafik 7 menunjukkan tidak adanya perubahan yang nyata. Hal ini diperkuat dengan uji Anova satu arah. Pada 15 hari pengujian menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,019, sig < 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mortalitas sel mikroalga pada perlakuan selama 15 hari.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri cengkeh pada berbagai variasi konsentrasi tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini diperkuat dengan uji statistik korelasi Pearson dengan program SPSS 20, pengujian variasi konsentrasi terhadap mortalitas sel mikroalga pada 15 hari perlakuan, signifikansi sebesar 0,194 > 0,05, dapat diartikan bahwa variasi konsentrasi tidak berhubungan dengan mortalitas. Nilai korelasi

Pearson sebesar 0,502, nilai kekuatan korelasi sedang. Minyak atsiri cengkeh konsentrasi 10-50% selama 15 hari perlakuan hanya dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga kurang dari 10%.

#### 4.3.4 Mortalitas Sel Mikroalga setelah perlakuan Minyak Atsiri Pala

Perhitungan mortalitas sel mikroalga setelah perlakuan 0 hari, 3 hari, dan 15 hari menggunakan hemositometer kemudian dihitung dengan sel kalkulator. Berikut ini disajikan hasil perhitungan mortalitas sel mikroalga dalam grafik



**Grafik 8. Mortalitas Sel Mikroalga Setelah Perlakuan Minyak Atsiri Pala**

Berdasarkan hasil pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri pala, dari grafik diatas hasil menunjukkan terdapat kenaikan jumlah mortalitas dari hari 0 perlakuan, 3 hari perlakuan dan 15 hari perlakuan. Mortalitas sel mikroalga terendah pada 15 hari perlakuan sebesar 25,66 % pada pengujian bahan minyak atsiri pala konsentrasi 10% sedangkan mortalitas sel mikroalga terbesar sebesar 36,17 % pada pengujian minyak atsiri pala konsentrasi 30%.

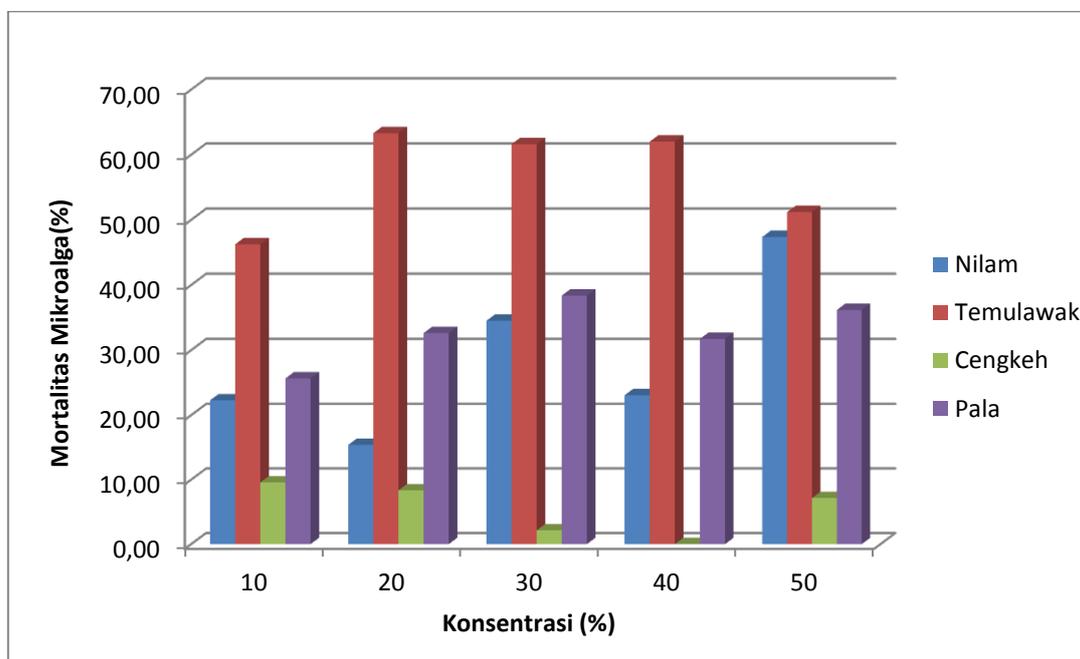
Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri pala pada berbagai variasi hari dalam grafik 8 menunjukkan adanya perubahan yang nyata. Hal ini diperkuat dengan uji Anova satu arah. Pada 15 hari pengujian menunjukkan nilai signifikansi

sebesar 0,000, sig < 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari.

Pengujian mortalitas sel mikroalga dengan menggunakan minyak atsiri pala pada berbagai variasi konsentrasi tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal ini diperkuat dengan uji statistik korelasi Pearson dengan program SPSS 20, pengujian variasi konsentrasi terhadap mortalitas sel mikroalga pada 15 hari perlakuan, signifikansi sebesar 0,155 > 0,05, dapat diartikan bahwa variasi konsentrasi tidak berhubungan dengan mortalitas. Nilai korelasi Pearson sebesar 0,655, nilai kekuatan korelasi kuat. Minyak atsiri pala konsentrasi 30% selama 15 hari perlakuan dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga, mortalitas sebesar 36,17 %.

#### 4.3.5 Perbandingan Mortalitas Sel Mikroalga setelah perlakuan Minyak Atsiri Nilam, Temulawak, Cengkeh dan Pala

Pengujian dengan menggunakan 4 jenis minyak atsiri yang berbeda bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas minyak atsiri sebagai bahan penghambat pertumbuhan sel mikroalga berdasarkan mortalitas sel mikroalga. Untuk membandingkan 4 minyak atsiri yang digunakan, maka dari 4 jenis minyak atsiri yang berbeda dibandingkan dalam konsentrasi yang sama waktu percobaan selama 15 hari.



**Grafik 9. Mortalitas Sel Mikroalga setelah 15 hari Perlakuan Minyak Atsiri berbagai Konsentrasi**

Berdasarkan grafik 9 di atas, pengujian bahan minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala selama 15 hari perlakuan menunjukkan bahwa dapat menghambat

pertumbuhan sel mikroalga dilihat dari jumlah mortalitas. Secara berturut-turut minyak atsiri yang paling baik dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga adalah temulawak > pala > nilam > cengkeh. Minyak atsiri temulawak sebagai bahan penghambat pertumbuhan sel mikroalga, terlihat paling tinggi mortalitasnya pada berbagai macam konsentrasi 10 % sampai 50% dibandingkan dengan minyak atsiri yang lain. Minyak atsiri temulawak 10% sudah menunjukkan daya penghambatan yang besar pada hari 15 pengujian yaitu sebesar 46,24 %..

#### 4.3.6 Efektifitas Minyak Atsiri Nilam, Temulawak, Cengkeh dan Pala dalam menghambat pertumbuhan lumut kerak/lichen

Lumut kerak/lichen merupakan simbiosis antara jamur/ fungi dan ganggang/alga. Dalam percobaan pengujian dilaboratorium pengembangbiakan lumut kerak sangat sulit dilakukan, oleh sebab itu dilakukan pemisahan antara jamur dan alga. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan sentrifuse dengan kecepatan 350 rpm selama 30 menit. Hasil pemisahan pada bagian bawah diperkirakan merupakan alga sedangkan bagian atas jamur.

Pembiakan hasil pemisahan jamur dan alga dilakukan tersendiri karena medium yang digunakan berbeda. Pembiakan jamur dilakukan dalam medium CDA (*Czapex Dox Agar*) menggunakan metode *pour plate*. Biakan jamur kemudian diisolasi pada media agar miring dan dilakukan identifikasi jenis jamur menggunakan mikroskop. Hasil identifikasi jenis jamur penyusun lumut kerak dengan perbesaran 100x dan 400x adalah *Penicillium sp*. Pengujian efektifitas minyak atsiri nilam, temulawak dalam menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium sp* dilakukan pada kajian tahap 1 tahun 2015, dari hasil pengujian diperoleh kesimpulan dapat menghambat bahkan dapat membunuh jamur *Penicillium sp*. Pengujian minyak atsiri pala dan cengkeh dilakukan oleh mahasiswa Skripsi dari UII pada tahun 2014 juga dapat menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium sp*.

Tabel 1. Diameter Zona hambat pertumbuhan jamur setelah perlakuan Minyak Atsiri Nilam

Konsentrasi Nilam(%)	Diameter Zona Hambat(mm)
10	20
20	12
30	12,5
40	11
50	20,5

Sumber : Data primer Kajian Minyak Atsiri Tahap I

Tabel 2. Diameter Zona hambat pertumbuhan jamur setelah perlakuan Minyak Atsiri Temulawak

Konsentrasi Temulawak(%)	Diameter Zona Hambat(mm)
10	14
20	14,5
30	11
40	14,5
50	16

Sumber : Data primer Kajian Minyak Atsiri Tahap I

Tabel 3. Diameter Zona hambat pertumbuhan jamur setelah perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh

Konsentrasi Temulawak(%)	Diameter Zona Hambat(mm)
1	5,5
5	7
10	12
15	20
25	23

Sumber : Laporan Skripsi( Dyah yekti, 2015

Tabel 4. Diameter Zona hambat pertumbuhan jamur setelah perlakuan Minyak Atsiri Pala

Konsentrasi Temulawak(%)	Diameter Zona Hambat(mm)
1	6
5	6,5
10	7,5
15	10
20	11
25	20

Sumber : Laporan Skripsi( Rina A, 2015)

Berdasarkan tabel daya hambat pertumbuhan jamur *penicillium sp* dengan menggunakan 4 jenis minyak atsiri pada konsentrasi 10 %, minyak atsiri yang memiliki zona penghambatan yang besar secara berturut-turut, **nilam > temulawak > cengkeh > pala**.

Pembiakan alga dilakukan dalam medium BG 11 dan diamati pertumbuhannya. Dilakukan peremajaan stock sub kultur alga dengan mengganti medium BG 11 setiap 1 bulan sekali. Berdasarkan hasil pengamatan secara mikroskopis dalam biakan terdapat multispecies

sehingga belum dilakukan identifikasi jenis mikroalga secara keseluruhan. Pada tahap 1 tahun 2015 dilakukan identifikasi salah satu jenis mikroalga, dari hasil identifikasi jenis alga termasuk *Chroococcus* yang memiliki ciri bersel satu, berbentuk bulat, tidak berkoloni dan termasuk dalam *Cyanobacteria*. Pengujian efektifitas minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga dilakukan pada kajian tahap II. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa keempat minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga dengan tingkat keefektifitasan berturut-turut sebagai berikut minyak atsiri **temulawak > pala > nilam > cengkeh**.

Tab 5. Penghambatan pertumbuhan Lichen setelah dilakukan Pengujian Minyak atsiri

Bahan Uji Minyak Atsiri	Daya hambat Pertumbuhan Lichen	
	Jamur Penyusun Lichen	Mikroalgae Penyusun Lichen
Nilam	+	+
Temulawak	+	+
Cengkeh	+	-
Pala	+	+

Keterangan :

- + : menghambat pertumbuhan
- : dapat menghambat pertumbuhan tetapi < 10%

Berdasarkan tabel diatas minyak atsiri nilam, temulawak, dan pala dapat menghambat pertumbuhan lichen dengan menghambat pertumbuhan jamur dan alga. Sedangkan minyak atsiri cengkeh dapat menghambat pertumbuhan lichen/lumut kerak hanya dapat menghambat pertumbuhan jamur saja sedangkan pertumbuhan sel mikroalga tidak dapat dihambat pertumbuhannya.

#### 4.4 PEMBAHASAN

Penggunaan minyak atsiri sebagai bahan penghambat pertumbuhan sel mikroalga, salah satu penelitian dilakukan oleh Barani, dkk tahun 2013, mengenai “Efektifitas Minyak Atsiri dari Tanaman *Z. Multiflora*, *S. Khuzistarica*, *S. Rechingeri* digunakan untuk Menghambat Pertumbuhan Red Tide Algae *Cochlodinium* “ dari alga dalam kultur perairan air tawar. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode kamar hitung dalam menentukan jumlah mortalitas sel dapat menghambat pertumbuhan sel red Tide Algae *Cochlodinium*. Penelitian lain juga dilakukan oleh Ali M Najem, dkk tahun 2015 mengenai “ Efektifitas Minyak Atsiri Rosemary digunakan untuk menghambat pertumbuhan beberapa *Cyanobacteria*” . Berdasarkan hasil penelitian metode menghitung jumlah klorofil menggunakan spektrofotometer UV dapat menghambat pertumbuhan sel *Cyanobacteria*. Semakin kecil jumlah klorofil maka bahan uji efektif dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga.

Penelitian atau Kajian tahap II ini, juga dilakukan pengujian efektifitas minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga, adapun parameter pengujian efektifitas minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga berdasarkan pada peluruhan atau penurunan warna kloroplas sel kemudian dilakukan perhitungan jumlah kerapatan sel, kerapatan sel hidup, dan kerapatan sel mati. Berdasarkan jumlah kerapatan sel mati dapat dihitung mortalitas sel mikroalga.

Sel mikroalga memiliki kloroplas. Kloroplas merupakan organel plastida yang mengandung pigmen atau zat warna. Pigmen dalam kloroplas berfungsi untuk menyerap energi cahaya matahari yang berguna dalam proses fotosintesis. Pigmen utama yang terdapat dalam kloroplas adalah klorofil yang berwarna hijau. ( Bidigare 1989 : 177). Parameter pengujian efektifitas minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga berdasarkan pada peluruhan atau penurunan warna kloroplas sel. Setiap perubahan warna kloroplas dilakukan penilaian skala warna mulai dari 5, 4, 3, 2, dan 1, warna kloroplas mengalami penurunan dari hijau menuju kuning kecoklatan maka skala warna semakin menurun. Durasi pengamatan peluruhan warna kloroplas dilakukan selama 15 hari dengan variasi hari 0, 3, 5, 7, 10 dan 15 hari. Hasil percobaan menggunakan 4 jenis minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala pada variasi konsentrasi 10%-50% dalam waktu 0, 3, 5, 7, 10 dan 15 hari perlakuan menunjukkan hasil yang sama yaitu terjadi peluruhan warna kloroplas, ditandai dengan semakin hilangnya warna hijau menuju ke arah kuning kecoklatan. Peluruhan warna kloroplas secara tidak langsung akan mengganggu pertumbuhan sel mikroalga dalam proses fotosintesis.

Pengujian secara kuantitatif terhadap efektifitas minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga adalah mortalitas sel mikroalga. Mortalitas sel mikroalga diperoleh dari perhitungan jumlah sel, sel hidup, dan sel mati sehingga mortalitas dapat dihitung. Pengamatan jumlah kerapatan sel, kerapatan sel hidup, dan kerapatan sel mati dilakukan secara mikroskopis kemudian sel dihitung menggunakan metode kamar hitung. Mortalitas diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan perbandingan jumlah kerapatan sel mati dengan jumlah kerapatan sel keseluruhan. Durasi pengamatan mortalitas sel mikroalga dilakukan selama 15 hari dengan variasi hari 0, 3, dan 15 hari. Hasil percobaan menggunakan 4 jenis minyak atsiri hanya 3 minyak yang menunjukkan hasil terjadi kenaikan mortalitas sel mikroalga selama 15 hari perlakuan yaitu temulawak, nilam, dan pala pada variasi konsentrasi 10%-50%.

Pengujian 4 jenis minyak atsiri yang digunakan sebagai bahan penghambatan pertumbuhan sel mikroalga, minyak atsiri yang paling efektif dari keempat minyak atsiri yang digunakan dalam percobaan adalah minyak atsiri temulawak. Hal ini terlihat dari peluruhan warna kloroplas dan mortalitas sel mikroalga yang tinggi. Temulawak konsentrasi 10% selama 15 hari pengujian sudah menunjukkan hasil yang efektif dalam menghambat pertumbuhan sel mikroalga, hal ini ditandai dengan adanya skala warna kloroplas pada angka 1 dan mortalitas sebesar 46,24%. Beberapa minyak atsiri mengandung senyawa monoterpen yang bersifat sebagai antimikroba seperti cymene, sabinen,  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, sitronellol, geraniol, carvacrol, thymol, farnesol, dan caryophyllene. (Reichling, 2009). Dalam minyak atsiri temulawak dan pala mengandung senyawa pinen yang bersifat antimikroba, sehingga dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan laboratorium uji efektifitas minyak atsiri terhadap penghambatan pertumbuhan mikroalga dari lumut kerak pada batuan andesit Candi Borobudur diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Lumut kerak/ lichen merupakan simbiosis antara jamur dan alga. Pengidentifikasian salah satu lumut kerak pada batu Candi Borobudur dilakukan dengan cara pemisahan antara jamur dan alga. Hasil identifikasi jamur merupakan jamur *Penicillium* sp sedangkan alga dalam hal ini mikroalga hanya dapat diidentifikasi salah satunya yaitu *Chroococcus* , secara keseluruhan belum dapat diidentifikasi karena dalam sub kultur terdapat multispecies.
2. Minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala berdasarkan percobaan dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga dari lumut kerak. Penghambatan terhadap jamur *penicillium* sp secara berturut-turut adalah **nilam > temulawak > cengkeh > pala**. Penghambatan terhadap mikroalga secara berturut-turut adalah **temulawak > pala > nilam > cengkeh**.
3. Variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50% minyak atsiri nilam, temulawak, cengkeh dan pala pada percobaan daya hambat pertumbuhan sel mikroalga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Akan tetapi dari keempat minyak atsiri dapat disimpulkan bahwa minyak atsiri temulawak konsentrasi 10% sudah menunjukkan daya hambat yang besar dengan mortalitas sebanyak 46, 24% selama 15 hari percobaan.

#### 5.2 SARAN

Berdasarkan kajian yang sudah dilakukan, saran yang diajukan dalam rangka penyempurnaan kajian berikutnya adalah :

1. Perlu dicari konsentrasi minimum yang dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga
2. Perlu dicari metode yang tepat untuk pengujian daya hambat pertumbuhan mikroalga karena dengan metode kamar hitung terdapat banyak kekurangan dalam pengujian sampling secara acak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos et al. 1996. *Introductory Mycology*
- Ali M. Najem, dkk. 2016. "Evaluation the Activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Essential Oil Against Some Cyanobacteria". Iraqi Journal of Biotechnology, 2016, Vol 15, No. 1, 97-102
- Ali NA, Martina W, N Arnold, U Lindequist, L Wessjohan. 2008. *Essential Oil Composition from Oleogum Resin of *Soqotraen Commiphora* kua*, Rec. Nat. Prod. 2 (3) : 70-75
- Asthuti, M.M.M, Simiartha, K, Susila, I.W, Wirya, C.N.A.S, Sudiarta, I.P. 2012. *Efikasi minyak atsiri cengkeh (*Syzygium Aromaticum* .L), Meer & Perry), Pala (*Myristica fragrans* Houtt), dan jahe (*Zingiber officinale* Rosc) terhadap Mortalitas Ulat Bulu *Gempinis* dari family *Lymantriidae**. J.Agric. Sci. And Biotechnol. Vol. 1, No 1. ISSN : 23020-113
- Barani, Maryam dkk. 2013. "Effect of Higher Plant essential Oils for the Control of Red Tide Algae *Cochlodinium polykrikoides* under Laboratory Conditions" . Journal of the Persian Gulf (Marine Science)/ Vol. 5/ No. 15/ March 2014/9/41-50
- Burt, s. 2007. Antibacterial Activity of Essential oils : Potential Application in Food. Ph.d. Thesis. Institute for Risk Assesment Sciences, Divition of Veterinary Medicine, Public Health. Utrecht University
- Chakrapani. P, vankatesh K, Singh, B.C.S, Jyothi, B.A. Kumar, P, Amareshwari, P, Rani, A.R. 2013. *Phytochemical, Pharmacological Importance of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth) an Aromatic Medicinal Plant*, Int. J. Pharm. Science, rev. Res, 21(2) : 7-12
- Croci, Giorgio. 1989. *The Conservation and structural Restoration of Architectural Heritage*, Computational Mechanics Publication Southmpton, UK and Boston, USA.
- Doyle, M.P. and Muggall, W.S. 1980. *Experimenttal Organic Chemistry*. John Wiley & Sons, New York
- Edward G. Bellinger and David V C. Sigee. 2010. *Freshwater Algae*
- Jawetz, E, Melnick, G.E, dan Adlberg, C.A. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran Ed-1*. Diterjemahkan oleh Penerjemah Bagian Mikrobiologi Kedokteran Fakultas Kedokteran universitas Airlangga Salemba Medika, Surabaya
- Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Miinyak Atsiri*. Balai Pustaka, Jakarta
- Parwata IMO, P. Fanny SD. *Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri dari Rimpang lengkuas (*Alpinia galaga* L)*. Jurnal Kimia, 2008:(2(2): 100-4
- Pelezar, M.J. dan r.D. Ries. 1982. *Microbiology*. Tata McGraw Hill book Co. Ltd, New Delhi

- Prescott, L M, Harley JP, Klern D A. 1999. *Microbiology 4<sup>th</sup> ed.* The MC Grow Hill, USA
- Price, T.D & Borton, J.H, 2011, An. *Introduction to Archeological Chemistry*, Springer, New York.
- Rahmi, M.J, Adel Z, Yuharme, 2014. *Perbandingan Isolasi Minyak Atsiri daun Nilam(Pogostemon cablin Benth) Metode hidrodistilasi konvensional dan hidrodistilasi Oven Microwave disertai Uji Aktivitas Antimikroba.* Jurnal FMIPA Universitas Riau, Volume 1 No 2 Oktober 2014, page 327-334
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kimia Minyak Atsiri.* FMIPA Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Sembiring, BB, Ma'mun. 2006. Ginting El. *Pengaruh Keahlian bahan dan lama ekstraksi terhadap mutu ekstrak temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb).* Ballitro. XVII(2) : 53-8
- Soesilo, S. 1989. *Vademekum Bahan Obat Alam.* Jakarta : Departemen Kesehatan Republik Indonesia
- Upadhyay, R. K.P, Dwivedi, and S.Ahmad. 2010. *Screening of Antibacterial Activity of Six Plant Essential Oils Against Pathogenic Bacterial Strains.* Asian J. Of Medical Sciences. 2(3) : 152-158
- Winarno, S, 2001, *Peranan Laboratorium dalam Konservasi Benda Cagar Budaya, Makalah disampaikan dalam Penataran Tenaga Teknis Kepurbakalaan Tingkat Dasar di Bogor, 4-18 September 2001.*

Lampiran 1



Foto 1. Subkultur biakan Mikroalga

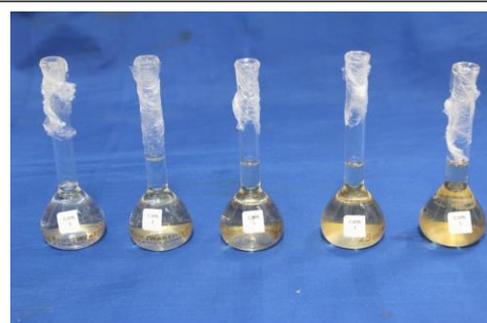


Foto 2. Minyak Atsiri Cengkeh 10-50%



Foto 3. Mikroalga yg akan diuji



Foto 4. Proses Pengujian Mikroalga



Foto 5. Perhitungan kerapatan sel

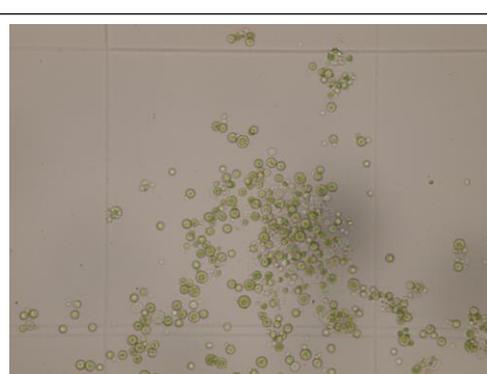


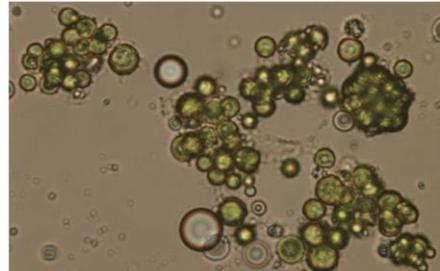
Foto 6. Penampang mikroskopis sel mikroalga dlm kamar hitung

**Lampiran 2**

## NILAM KONSENTRASI 10%



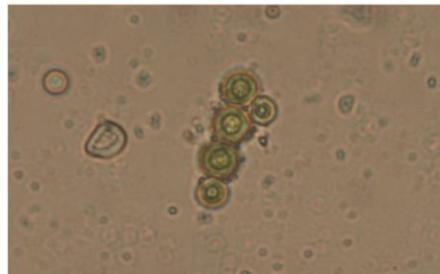
H 0



H 3



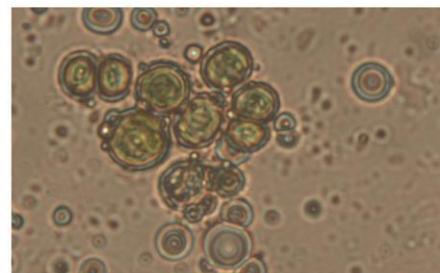
H 5



H 7



H 10

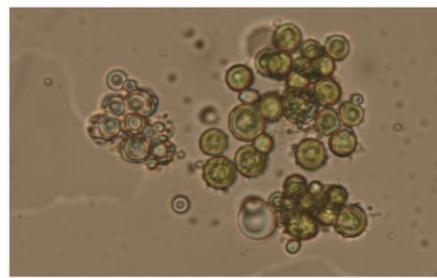


H 15

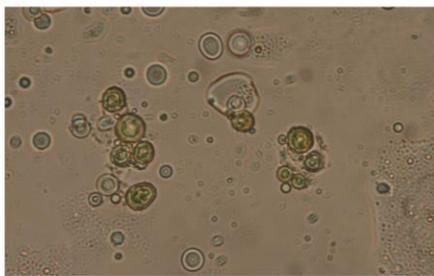
## NILAM KONSENTRASI 20%



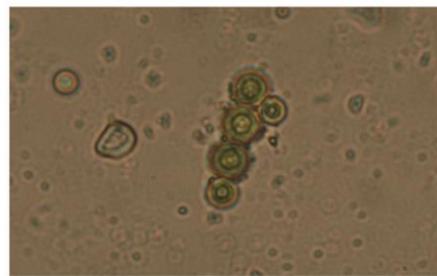
H 0



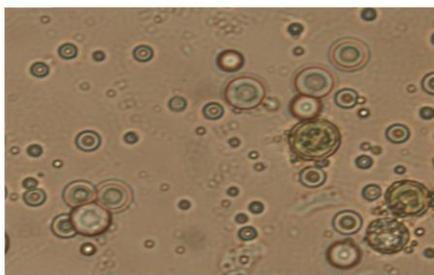
H 3



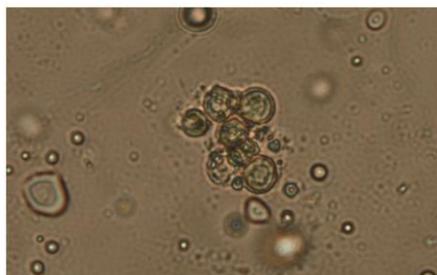
H 5



H 7

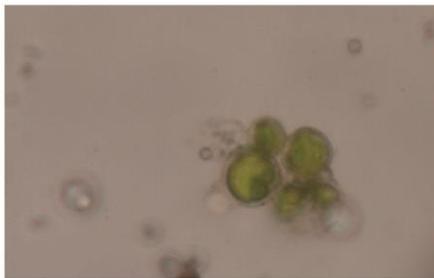


H 10

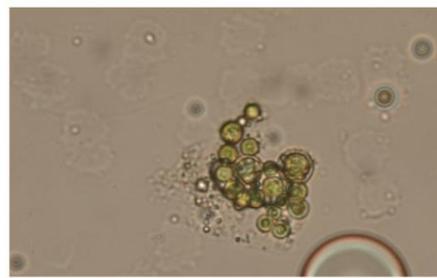


H 15

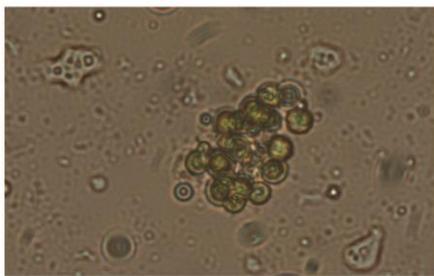
## NILAM KONSENTRASI 30%



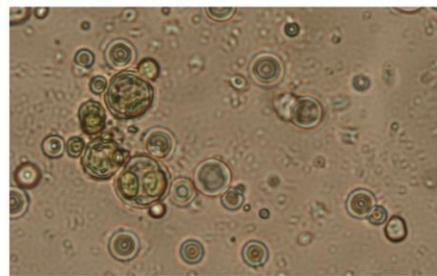
H 0



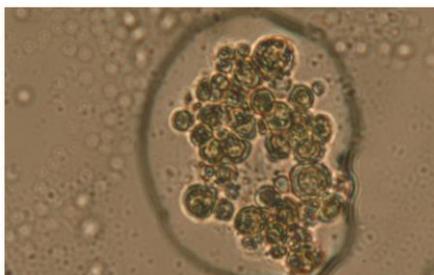
H 3



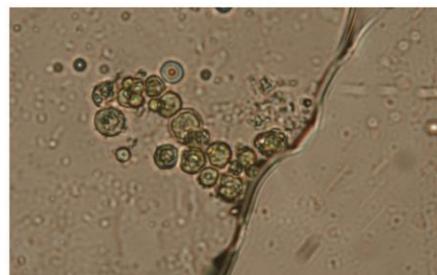
H 5



H 7

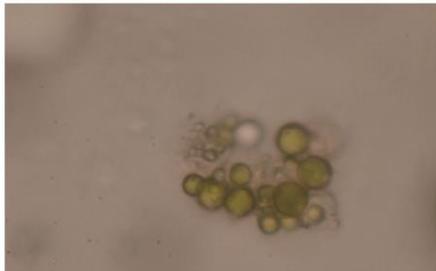


H 10

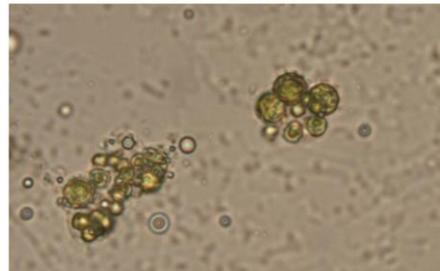


H 15

## NILAM KONSENTRASI 40%



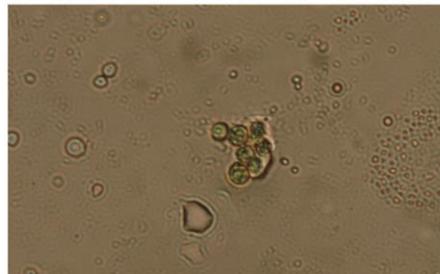
H 0



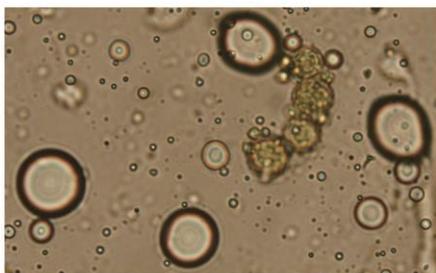
H 3



H 5



H 7



H 10

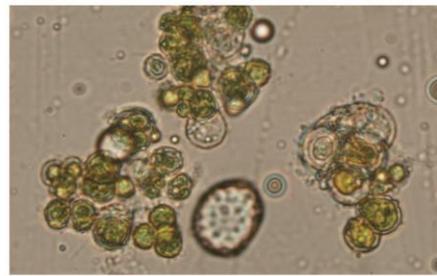


H 15

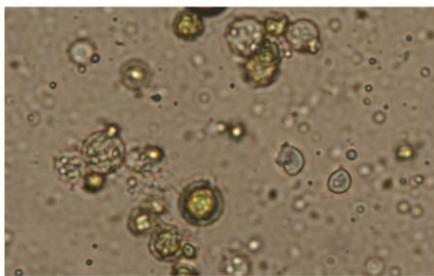
## NILAM KONSENTRASI 50%



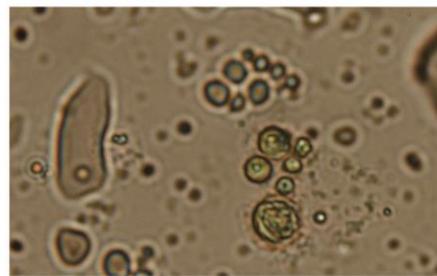
H 0



H 3



H 5



H 7



H 10

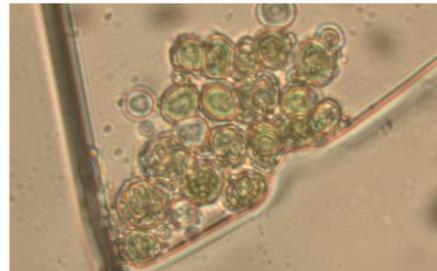


H 15

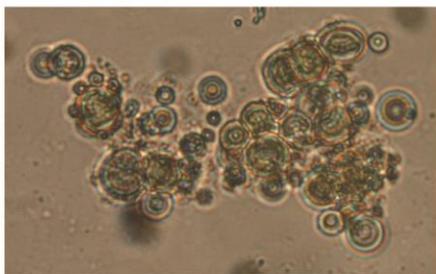
## TEMULAWAK KONSENTRASI 10%



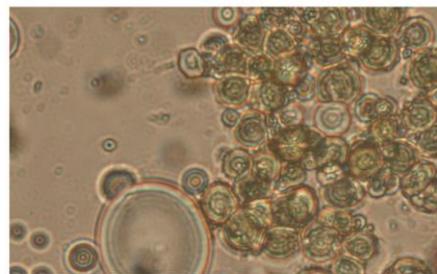
H 0



H 3



H 5



H 7

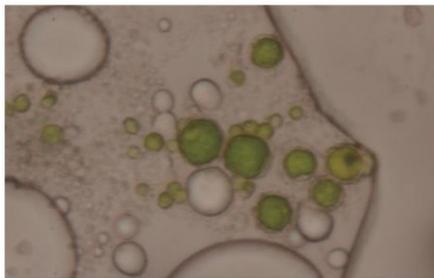


H 10



H 15

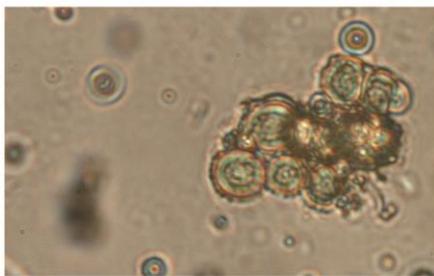
## TEMULAWAK KONSENTRASI 20%



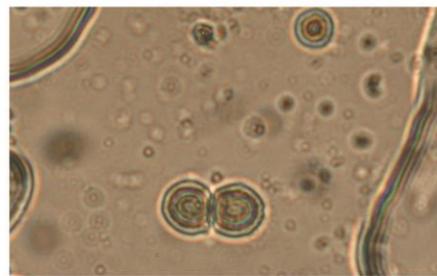
H 0



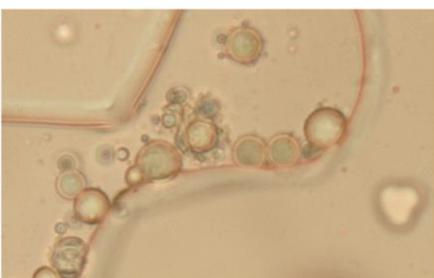
H 3



H 5



H 7

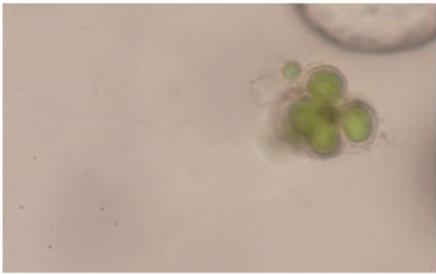


H 10

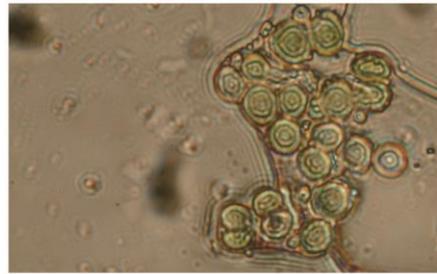


H 15

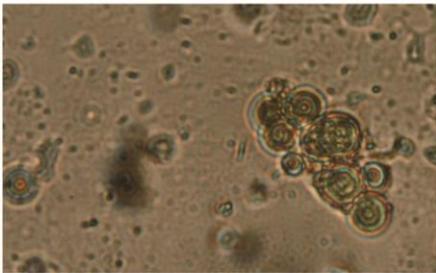
## TEMULAWAK KONSENTRASI 30%



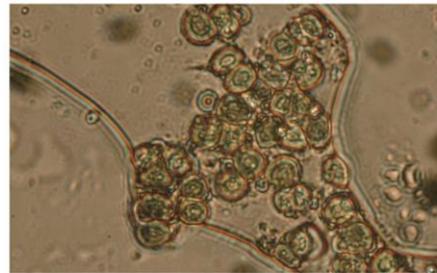
H 0



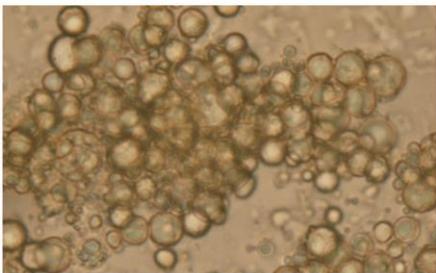
H 3



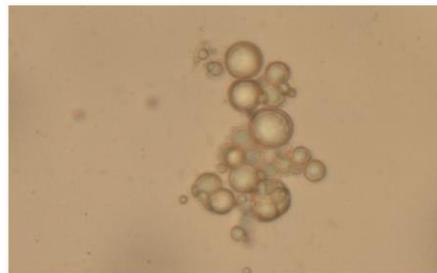
H 5



H 7

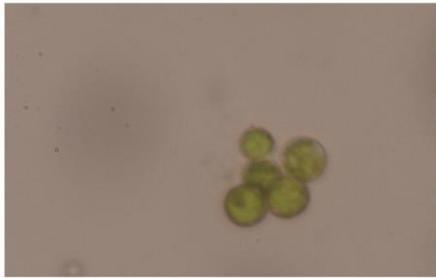


H 10

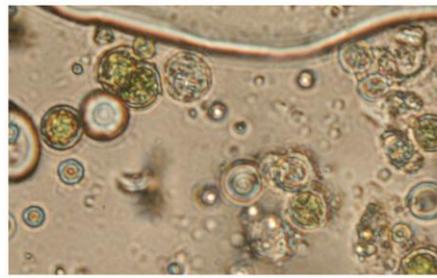


H 15

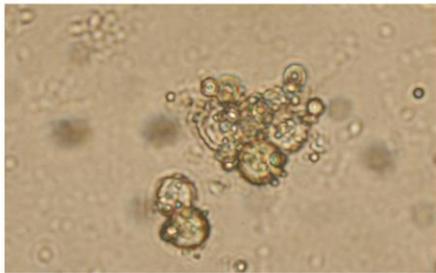
## TEMULAWAK KONSENTRASI 40%



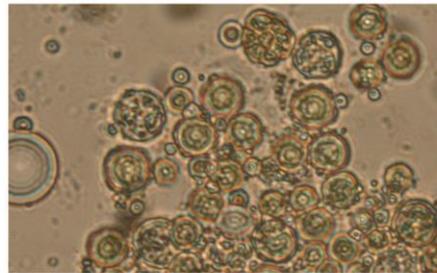
H 0



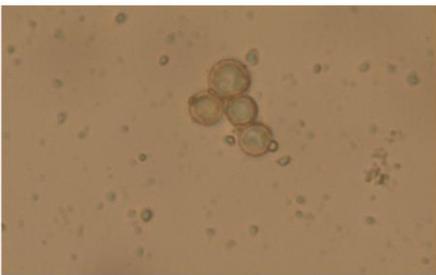
H 3



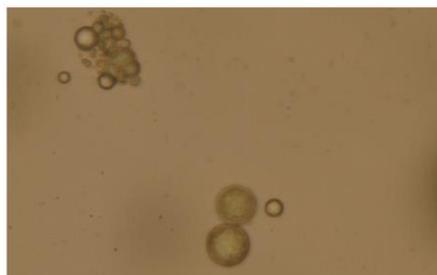
H 5



H 7

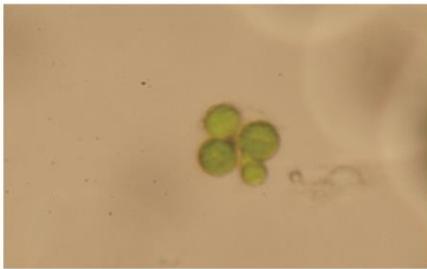


H 10



H 15

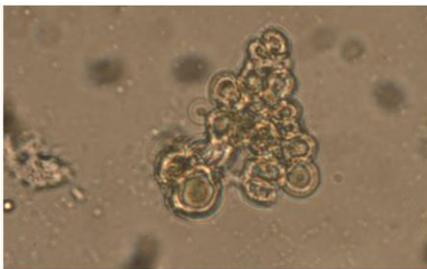
## TEMULAWAK KONSENTRASI 50%



H 0



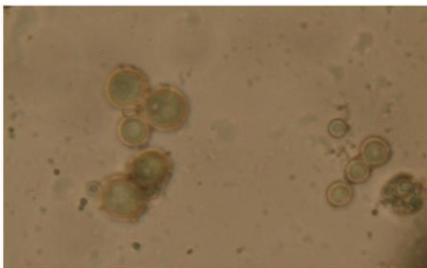
H 3



H 5



H 7

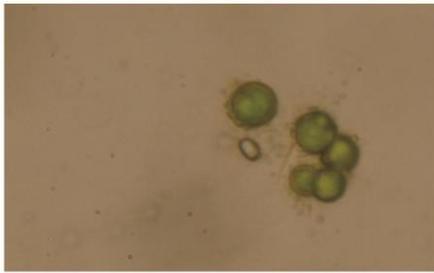


H 10

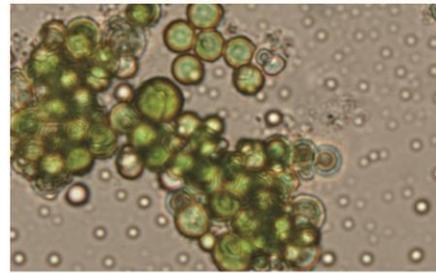


H 15

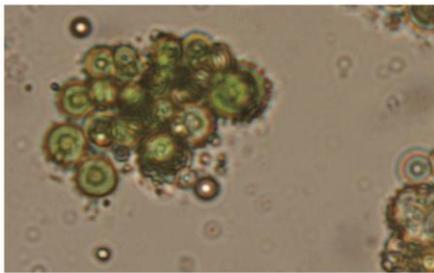
# CENGKEH KONSENTRASI 10%



H 0



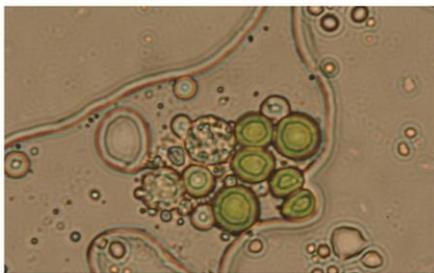
H 3



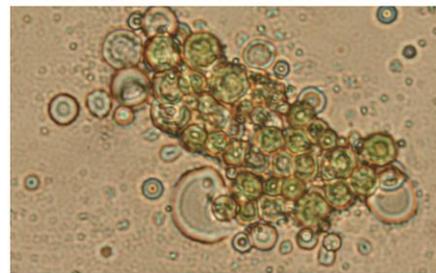
H 5



H 7

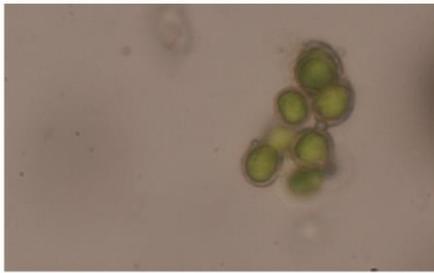


H 10

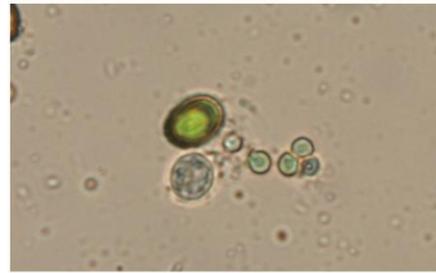


H 15

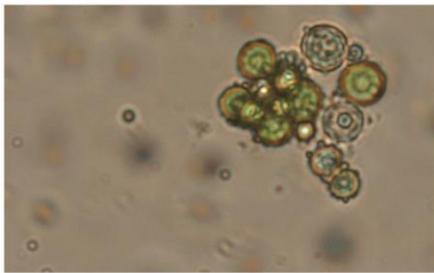
# CENGKEH KONSENTRASI 20%



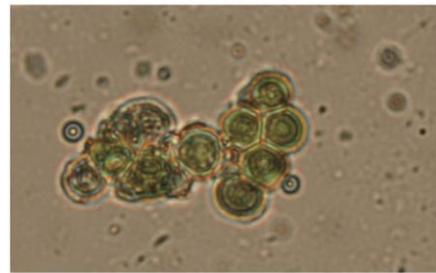
H 0



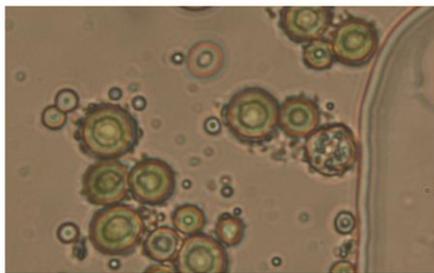
H 3



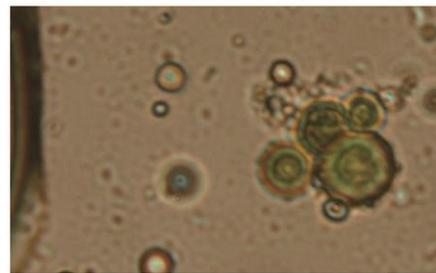
H 5



H 7

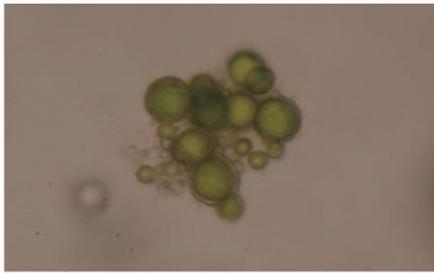


H 10

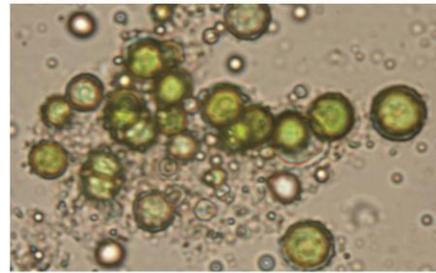


H 15

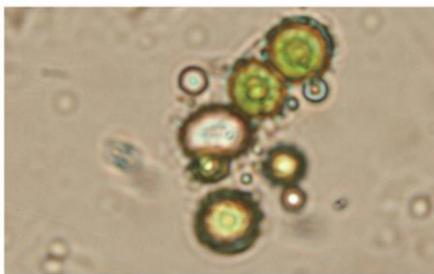
# CENGKEH KONSENTRASI 30%



H 0



H 3



H 5



H 7

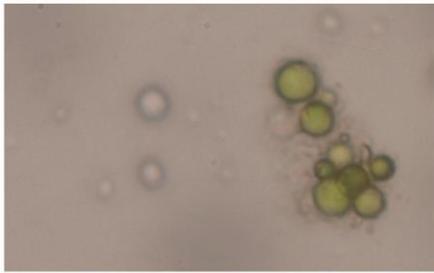


H 10

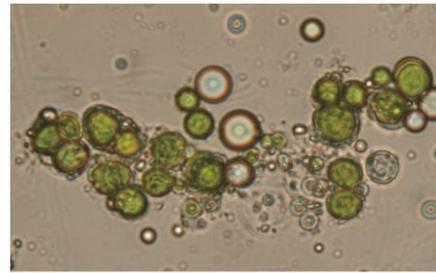


H 15

# CENGKEH KONSENTRASI 40%



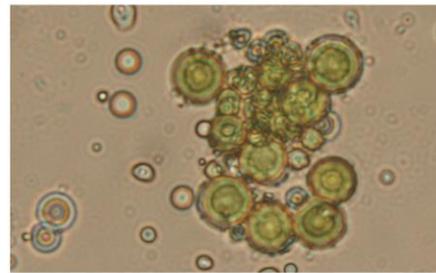
H 0



H 3



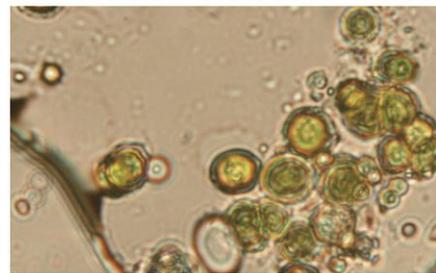
H 5



H 7

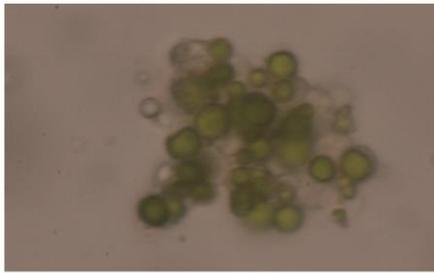


H 10

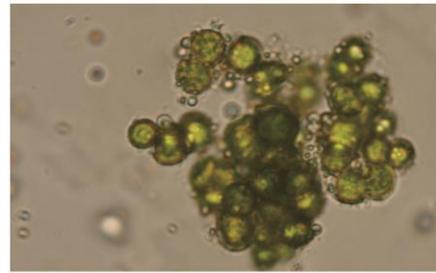


H 15

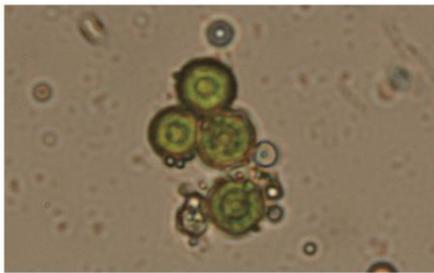
# CENGKEH KONSENTRASI 50%



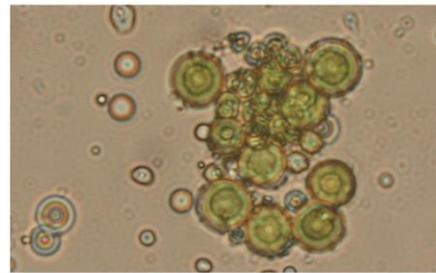
H 0



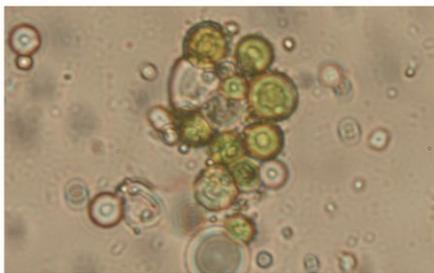
H 3



H 5



H 7

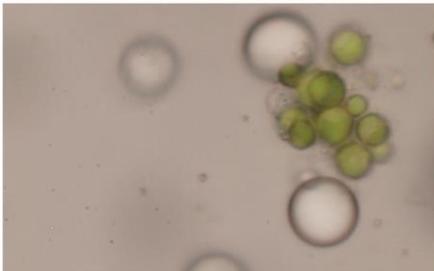


H 10

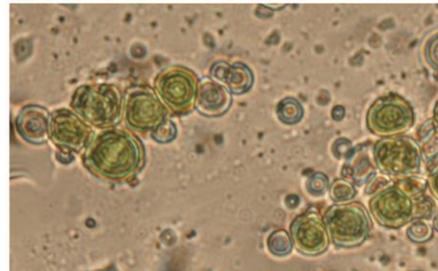


H 15

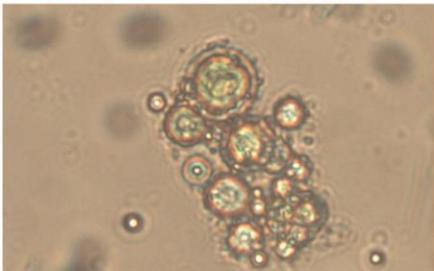
# PALA KONSENTRASI 10%



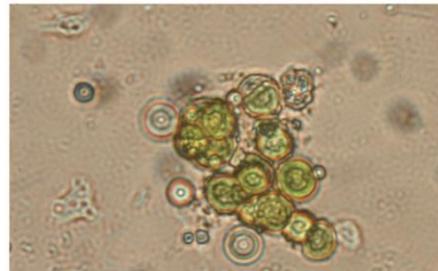
H 0



H 3



H 5



H 7



H 10



H 15

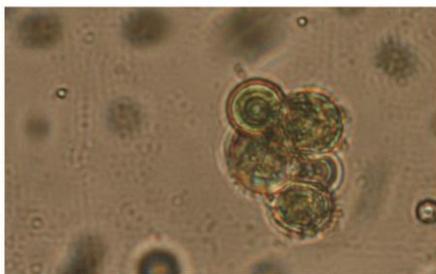
# PALA KONSENTRASI 20%



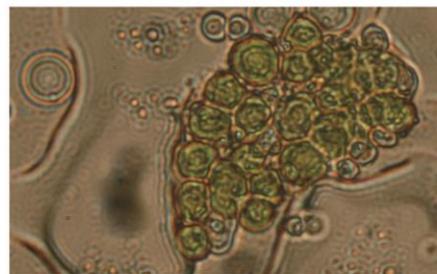
H 0



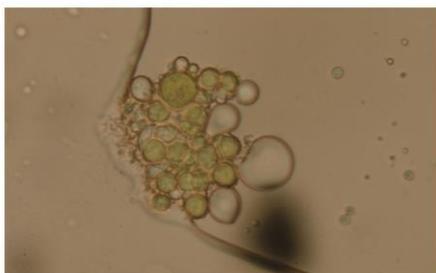
H 3



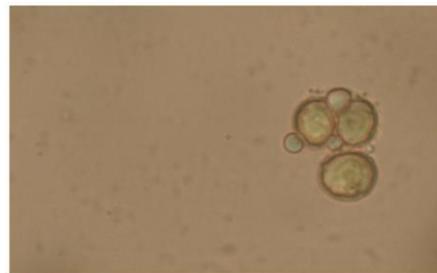
H 5



H 7



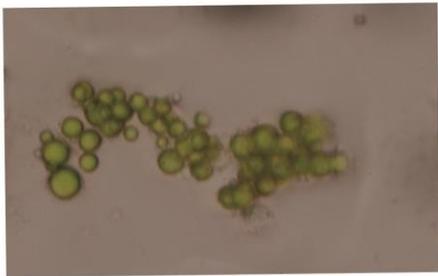
H 10



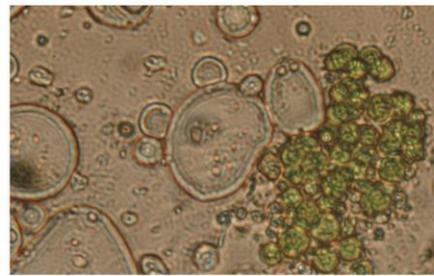
H 15



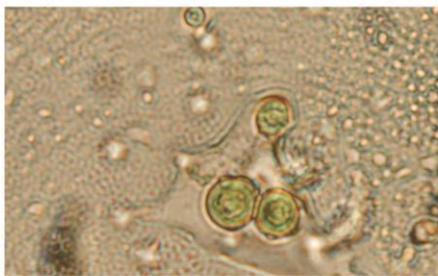
# PALA KONSENTRASI 30%



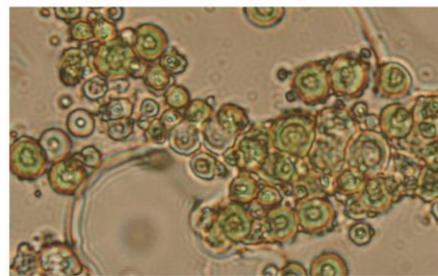
H 0



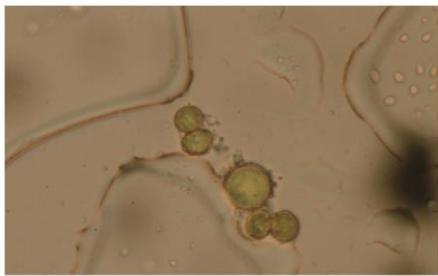
H 3



H 5



H 7

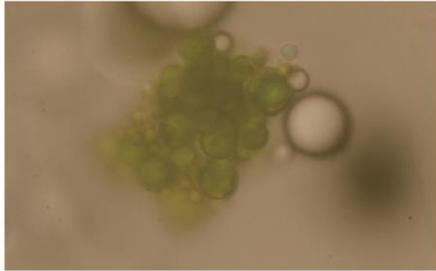


H 10

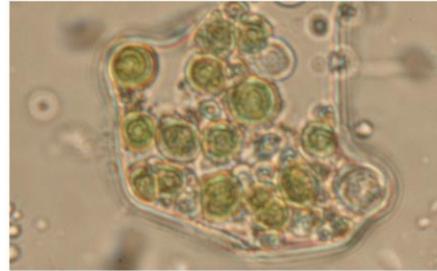


H 15

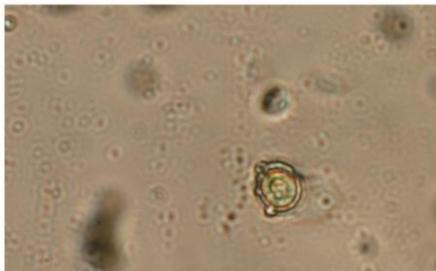
## PALA KONSENTRASI 40%



H 0



H 3



H 5



H 7

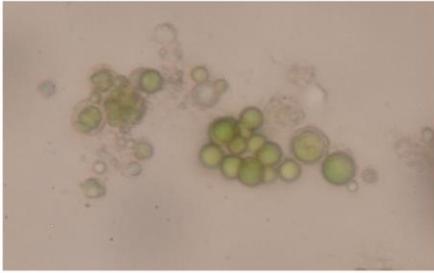


H 10

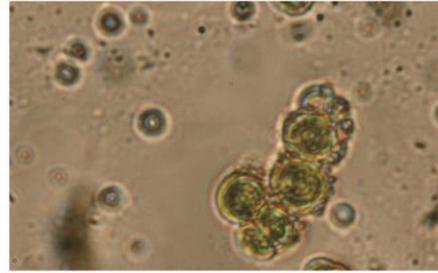


H 15

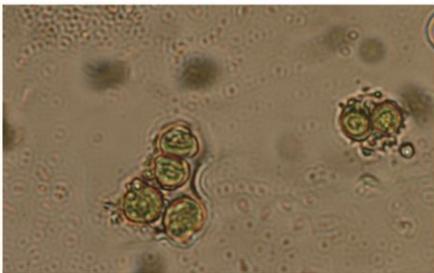
## PALA KONSENTRASI 50%



H 0



H 3



H 5



H 7



H 10



H 15

**Tabel 1. Skala Warna Kloroplas Mikroalga setelah pengujian Minyak Atsiri Nilam**

Hari	Skala Warna				
	Nilam 10%	Nilam 20%	Nilam 30%	Nilam 40%	Nilam 50%
0	5	5	5	5	5
3	4	4	4	4	4
5	4	4	3	4	3
7	3	3	3	3	2
10	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2

**Tabel 2. Skala Warna Kloroplas Mikroalga setelah pengujian Minyak Atsiri Temulawak**

Hari	Skala Warna Kloroplas				
	Temulawak 10%	Temulawak 20%	Temulawak 30%	Temulawak 40%	Temulawak 50%
0	5	5	5	5	5
3	4	4	4	4	4
5	4	4	4	3	3
7	3	3	3	3	3
10	2	2	2	2	2
15	1	1	1	1	1

**Tabel 3. Skala Warna Kloroplas Mikroalga setelah pengujian Minyak Atsiri Cengkeh**

Hari	Skala Warna				
	Cengkeh 10%	Cengkeh 20%	Cengkeh 30%	Cengkeh 40%	Cengkeh 50%
0	5	5	5	5	5
3	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4
7	4	3	3	3	3
10	3	3	3	2	3
15	2	3	2	2	2

**Tabel 4. Skala Warna Kloroplas Mikroalga setelah pengujian Minyak Atsiri Pala**

Hari	SkalaWarna				
	Pala 10%	Pala 20%	Pala 30%	Pala 40%	Pala 50%
0	5	5	5	5	5
3	4	4	4	4	4
5	4	4	3	3	4
7	4	4	3	3	3

10	3	3	2	2	2
15	2	2	1	1	1

## Lampiran 22

**Tabel 5. Mortalitas Mikroalgae setelah 0 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Nilam Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Nilam 10%	Nilam 20%	Nilam 30%	Nilam 40%	Nilam 50%	
Cell density	736	732,5	1225	899	407,5	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	0	0	0	0	0	cell/ $\mu$ l
Live cell density	736	732,5	1225	899	407,5	cell/ $\mu$ l
Viability	100	100	100	100	100	%
Mortality	0	0	0	0	0	%

**Tabel 6. Mortalitas Mikroalgae setelah 3 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Nilam Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Nilam 10%	Nilam 20%	Nilam 30%	Nilam 40%	Nilam 50%	
Cell density	3587,5	3275	1943,75	1050	306,25	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	312,5	212,5	675	12,5	50	cell/ $\mu$ l
Live cell density	3275	3062,5	1268,75	1037,5	256,25	cell/ $\mu$ l
Viability	91,29	93,51	65,27	98,81	83,67	%
Mortality	8,71	6,49	34,73	1,19	16,33	%

**Tabel 7. Mortalitas Mikroalgae setelah 15 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Nilam Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Nilam 10%	Nilam 20%	Nilam 30%	Nilam 40%	Nilam 50%	
Cell density	611,25	185,714	706,25	81,25	237,5	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	136,25	28,571	243,75	18,75	112,5	cell/ $\mu$ l
Live cell density	475	157,143	462,5	62,5	125	cell/ $\mu$ l
Viability	77,71	84,62	65,49	76,92	52,63	%
Mortality	22,29	15,38	34,51	23,08	47,37	%

**Tabel 8. Mortalitas Mikroalgae setelah 0 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Temulawak Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Temulawak 10%	Temulawak 20%	Temulawak 30%	Temulawak 40%	Temulawak 50%	
Cell density	193,5	826,5	993	310	1106	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	0	0	0	0	0	cell/ $\mu$ l
Live cell density	193,5	826,5	993	310	1106	cell/ $\mu$ l
Viability	100	100	100	100	100	%
Mortality	0	0	0	0	0	%

**Tabel 9. Mortalitas Mikroalgae setelah 3 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Temulawak Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Temulawak 10%	Temulawak 20%	Temulawak 30%	Temulawak 40%	Temulawak 50%	
Cell density	1600	475	1156,25	1725	4793,75	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	81,25	150	187,5	600	968,75	cell/ $\mu$ l
Live cell density	1518,75	325	968,75	1125	3825	cell/ $\mu$ l
Viability	94,92	68,42	83,78	65,22	79,79	%
Mortality	5,08	31,58	16,22	34,78	20,21	%

**Tabel 10. Mortalitas Mikroalgae setelah 15 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Temulawak Berbagai Konsentrasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Temulawak 10%	Temulawak 20%	Temulawak 30%	Temulawak 40%	Temulawak 50%	
Cell density	1662,5	1550	1937,5	312,5	525	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	768,75	981,25	1193,75	193,75	268,75	cell/ $\mu$ l
Live cell density	893,75	568,75	743,75	118,75	256,25	cell/ $\mu$ l
Viability	53,76	36,69	38,39	38	48,81	%
Mortality	46,24	63,31	61,61	62,00	51,19	%

Tabel 11. Mortalitas Mikroalga setelah 0 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Cengkeh 10%	Cengkeh 20%	Cengkeh 30%	Cengkeh 40%	Cengkeh 50%	
Cell density	836,5	1458	1266,5	1277,5	1020	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	0	0	0	0	0	cell/ $\mu$ l
Live cell density	836,5	1458	1266,5	1277,5	1020	cell/ $\mu$ l
Viability	100	100	100	100	100	%
Mortality	0	0	0	0	0	%

Tabel 12. Mortalitas Mikroalga setelah 3 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Cengkeh 10%	Cengkeh 20%	Cengkeh 30%	Cengkeh 40%	Cengkeh 50%	
Cell density	250	1718,75	1075	275	906,25	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	18,75	125	6,25	43,75	118,75	cell/ $\mu$ l
Live cell density	231,25	1593,75	1068,75	231,25	787,5	cell/ $\mu$ l
Viability	92,5	92,73	99,42	84,09	86,9	%
Mortality	7,50	7,27	0,58	15,91	13,10	%

Tabel 13. Mortalitas Mikroalga setelah 15 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Cengkeh Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Cengkeh 10%	Cengkeh 20%	Cengkeh 30%	Cengkeh 40%	Cengkeh 50%	
Cell density	170	240	293,75	1062,5	1312,5	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	16,25	20	6,25	0	93,75	cell/ $\mu$ l
Live cell density	153,75	220	287,5	1062,5	1218,75	cell/ $\mu$ l
Viability	90,44	91,67	97,87	100	92,86	%
Mortality	9,56	8,33	2,13	0,00	7,14	%

Tabel 14. Mortalitas Mikroalgae setelah 0 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Pala Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Pala 10%	Pala 20%	Pala 30%	Pala 40%	Pala 50%	
Cell density	638,5	474	691,5	2881	598	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	0	0	0	0	0	cell/ $\mu$ l
Live cell density	638,5	474	691,5	2881	598	cell/ $\mu$ l
Viability	100	100	100	100	100	%
Mortality	0	0	0	0	0	%

Tabel 15. Mortalitas Mikroalgae setelah 3 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Pala Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Pala 10%	Pala 20%	Pala 30%	Pala 40%	Pala 50%	
Cell density	1193,75	2600	1825	1943,75	750	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	6,25	318,75	137,5	118,75	6,25	cell/ $\mu$ l
Live cell density	1187,5	2281,25	1687,5	1825	743,75	cell/ $\mu$ l
Viability	99,48	87,74	92,47	93,89	99,17	%
Mortality	0,52	12,26	7,53	6,11	0,83	%

Tabel 16. Mortalitas Mikroalgae setelah 15 Hari diberi Perlakuan Minyak Atsiri Pala Berbagai Konsentrasi

Parameter	Variasi Konsentrasi Minyak Atsiri					Satuan
	Pala 10%	Pala 20%	Pala 30%	Pala 40%	Pala 50%	
Cell density	706,25	1168,75	618,75	650	293,75	cell/ $\mu$ l
Dead cell density	181,25	381,25	237,5	206,25	106,25	cell/ $\mu$ l
Live cell density	525	787,5	381,25	443,75	187,5	cell/ $\mu$ l
Viability	74,34	67,38	61,27	68,27	63,83	%
Mortality	25,66	32,62	38,38	31,73	36,17	%

**UJI KORELASI SPSS 20****Variabel**

1. Konsentrasi
2. Mortalitas

**Hipotesis :**

Ho : konsentrasi tidak berhubungan dengan mortalitas

Ha : konsentrasi berhubungan dengan mortalitas

Jika sig > 0,05 maka Ho diterima

Jika sig < 0,05 maka Ho ditolak

Kriteria Korelasi :

0,000 – 0,199 : Sangat Lemah

0,200 – 0,399 : Lemah

0,400 – 0,599 : Sedang

0,600 – 0,700 : Kuat

0,800 – 1,00 : Sangat Kuat

**NILAM****Correlations**

		konsentrasi	mortalitas
konsentrasi	Pearson Correlation	1	,728
	Sig. (1-tailed)		,082
	N	5	5
Mortalitas	Pearson Correlation	,728	1
	Sig. (1-tailed)	,082	
	N	5	5

Diketahui nilai signifikansinya adalah 0,082 berarti tidak ada hubungan antara konsentrasi dengan mortalitas karena  $0,082 > 0,05$ . Kekuatan korelasi 0,728 kekuatan korelasi kuat

## TEMULAWAK

Correlations

		Konsentrasi	Mortalitas
Konsentrasi	Pearson Correlation	1	,177
	Sig. (1-tailed)		,388
	N	5	5
Mortalitas	Pearson Correlation	,177	1
	Sig. (1-tailed)	,388	
	N	5	5

Diketahui nilai signifikansinya adalah 0,388 berarti tidak ada hubungan antara konsentrasi dengan mortalitas karena  $0,388 > 0,05$ . Kekuatan korelasi 0,177 kekuatan korelasi sangat lemah

## CENGKEH

Correlations

		Konsentrasi	Mortalitas
Konsentrasi	Pearson Correlation	1	-,502
	Sig. (1-tailed)		,194
	N	5	5
Mortalitas	Pearson Correlation	-,502	1
	Sig. (1-tailed)	,194	
	N	5	5

Diketahui nilai signifikansinya adalah 0,194 berarti tidak ada hubungan antara konsentrasi dengan mortalitas karena  $0,194 > 0,05$ . Kekuatan korelasi 0,502 kekuatan korelasi sedang.

## PALA

### Correlations

		Konsentrasi	Mortalitas
Konsentrasi	Pearson Correlation	1	,655
	Sig. (1-tailed)		,115
	N	5	5
Mortalitas	Pearson Correlation	,655	1
	Sig. (1-tailed)	,115	
	N	5	5

Diketahui nilai signifikansinya adalah 0,115 berarti tidak ada hubungan antara konsentrasi dengan mortalitas karena  $0,115 > 0,05$ . Kekuatan korelasi 0,655 kekuatan korelasi kuat.

## Lampiran 27

### UJI Homogenitas dan Anova Satu Arah SPSS 20

#### MINYAK ATSIRI NILAM

Uji Homogenitas dan Anova satu arah

#### Test of Homogeneity of Variances

Mortalitas Mikroalgae

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14,178	1	8	,006

Signifikansi  $> 0,05$ , maka variasi data diasumsikan sama

Signifikansi  $< 0,05$ ; maka variasi data diasumsikan tidak sama.

Sig = 0,006;  $0,006 < 0,05$  maka variasi data diasumsikan tidak sama.

#### ANOVA

Mortalitas Mikroalgae

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2034,332	1	2034,332	25,740	,001
Within Groups	632,269	8	79,034		
Total	2666,600	9			

Ho diterima bila nilai sig  $> 0,05$ , Ho ditolak bila nilai sig  $< 0,05$

Ho : tidak terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

H1 : terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

Keterangan : sig 0,001 < 0,05 maka Ho ditolak, terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari

### **MINYAK AtSIRI TEMULAWAK**

Uji Homogenitas dan Anova satu arah

#### **Test of Homogeneity of Variances**

Mortalitas Mikroalga

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
37,493	1	8	,000

Signifikansi > 0,05, maka variasi data diasumsikan sama

Signifikansi < 0,05; maka variasi data diasumsikan tidak sama.

Sig = 0,000; 0,000 < 0,05 maka variasi data diasumsikan tidak sama.

#### **ANOVA**

Mortalitas Mikroalga

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8085,492	1	8085,492	274,646	,000
Within Groups	235,517	8	29,440		
Total	8321,010	9			

Ho diterima bila nilai sig > 0,05, Ho ditolak bila nilai sig < 0,05

Ho : tidak terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

H1 : terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

Keterangan : sig 0,000 < 0,05 maka Ho ditolak, terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari

### **MINYAK ATSIRI CENGKEH**

Uji Homogenitas dan Anova satu arah

#### **Test of Homogeneity of Variances**

Mortalitas Mikroalga

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
31,539	1	8	,001

Signifikansi > 0,05, maka variasi data diasumsikan sama

Signifikansi < 0,05; maka variasi data diasumsikan tidak sama.

Sig = 0,001; 0,001 < 0,05 maka variasi data diasumsikan tidak sama.

#### ANOVA

Mortalitas Mikroalgae

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	73,767	1	73,767	8,582	,019
Within Groups	68,766	8	8,596		
Total	142,532	9			

Ho diterima bila nilai sig > 0,05, Ho ditolak bila nilai sig < 0,05

Ho : tidak terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

H1 : terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

Keterangan : sig 0,019 < 0,05 maka Ho ditolak, terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari

#### MINYAK ATSIRI PALA

Uji Homogenitas dan Anova satu arah

##### Test of Homogeneity of Variances

Mortalitas Mikroalgae

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7,236	1	8	,027

Signifikansi > 0,05, maka variasi data diasumsikan sama

Signifikansi < 0,05; maka variasi data diasumsikan tidak sama.

Sig = 0,027; 0,027 < 0,05 maka variasi data diasumsikan tidak sama.

#### ANOVA

Mortalitas Mikroalgae

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2707,999	1	2707,999	229,037	,000
Within Groups	94,587	8	11,823		
Total	2802,587	9			

Ho diterima bila nilai sig > 0,05, Ho ditolak bila nilai sig < 0,05

Ho : tidak terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

H1 : terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan akibat perbedaan hari

Keterangan : sig 0,000 < 0,05 maka Ho ditolak, terdapat perbedaan mortalitas mikroalga yang signifikan pada perlakuan 15 hari