

**PENGARUH PAPARAN PEAK FREKUENSI 3kHz DAN 4kHz  
GELOMBANG AUDIOSONIK terhadap POLA PERTUMBUHAN  
MIKROORGANISME “*Saccharomyces cerevisiae*”**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains



Oleh :

Ade Setiawan

NIM 13306141045

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2019**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

### PENGARUH PAPARAN PEAK FREKUENSI 3kHz DAN 4kHz GELOMBANG AUDIOSONIK terhadap POLA PERTUMBUHAN MIKROORGANISME "*Saccharomyces cerevisiae*"

Disusun oleh:

Ade Setiawan  
NIM 13306141045

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan

Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, 26 Maret 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Nur Kadarisman, M.Si.  
NIP. 19640205 199101 1 001

Disetujui,  
Dosen Pembimbing,

Nur Kadarisman, M.Si.  
NIP. 19640205 199101 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

### PENGARUH PAPARAN PEAK FREKUENSI 3kHz DAN 4kHz GELOMBANG AUDIOSONIK terhadap POLA PERTUMBUHAN MIKROORGANISME "Saccharomyces cerevisiae"

Disusun oleh:

Ade Setiawan  
NIM 13306141045

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi  
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri  
Yogyakarta dan dinyatakan lulus pada tanggal 18 April 2019.....



Yogyakarta, 28/5/19.....  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,

D. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen pengaji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 18 April 2019  
Yang menyatakan



Ade Setiawan  
NIM 13306141945

## MOTTO

سُمُّ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ZKRIPIZI

يَا حَيُّ يَا قَيُومٌ بِرَحْمَتِكَ أَسْتَغْيِثُ أَصْلَحْ لِي شَأْنِي كُلَّهُ وَلَا تَكُنْنِي إِلَى نَفْسِي طَرْفَةً عَيْنٍ

Katanya orang jomblo itu gelisahan.

Katanya lagi menikah itu membawa ketenangan.

Katanya, katanya itu benar

**PENGARUH PAPARAN PEAK FREKUENSI 3kHz DAN 4kHz  
GELOMBANG AUDIOSONIK terhadap POLA PERTUMBUHAN  
MIKROORGANISME “*Saccharomyces cerevisiae*”**

Ade Setiawan

NIM. 13306141045

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh audiosonik peak frekuensi 3000 Hz dan 4000 Hz terhadap pola pertumbuhan mikroorganisme “*Saccharomyces cerevisiae*” dengan perlakuan inkubasi pada suhu 37 °C dan shaker pada frekuensi 125 rpm.

Sumber bunyi yang digunakan yaitu berasal dari instrumen audiosonik sederhana dengan menggunakan speaker yang outputnya terpancar dari AFG (*amplifier frequency generator*) kemudian dikuatkan oleh perangkat amplifier dan dikalibrasi dengan menggunakan aplikasi *spectra plus* hingga mengeluarkan peak frekuensi 3000 Hz dan 4000 Hz. Proses paparan gelombang audiosonik dilakukan di laboratorium getaran gelombang dan lobi laboratorium kampus uny selama 5 jam setelah proses inokulasi dari inokulum murni. Sampel uji diberi perlakuan inkubasi dengan suhu 37 °C dan shaker pada frekuensi 125 rpm yang di lakukan setelah proses paparan audiosonik yaitu jam ke-5. Perlakuan inkubasi di lakukan dengan alat inkubator dengan mengontrol suhu menjadi tetap yaitu 37 °C yang diletakan tanpa adanya pergerakan selama proses inkubasi. Sedangkan perlakuan shaker dilakukan dengan alat shaker di set dengan frekuensi 125 rpm yang diletakan pada suhu ruang laboratorium. Metode pengambilan data menggunakan metode turbidimetri dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm (yang nilai kekeruhannya sebanding dengan jumlah sel) setiap 6 jam sekali selama 3 hari. Hasil data pengukuran jumlah sel dijelaskan secara deskriptif dalam grafik pola pertumbuhan mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ dengan menggunakan Microsoft Excel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya paparan audiosonik peak 3000 Hz dan 4000 Hz mempengaruhi pola pertumbuhan mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ yang diberi perlakuan shaker pada frekuensi 125 rpm sedangkan perlakuan inkubasi pada suhu 37 °C tidak berpengaruh.

Keyword : *Saccharomyces cerevisiae*, gelombang audiosonik, spektrofotometer

**THE EFFECT OF AUDIOSONIC WAVE 3kHz dan 4kHz  
PEAK FREQUENCY ON MICROORGANISM GROWTH**  
**"*Saccharomyces cerevisiae*"**

Ade Setiawan

NIM. 13306141045

**ABSTRACT**

This study aims to determine the effect of audiosonic peak frequencies of 3000 Hz and 4000 Hz on the growth patterns of "*Saccharomyces cerevisiae*" microorganisms with incubation treatment at 37 °C and shakers at a frequency of 125 rpm.

The sound source used is derived from a simple audiosonic instrument using speakers whose output is emitted from AFG (*amplifier frequency generator*) and then amplified by an amplifier device and calibrated using a *spectra plus* application to issue a frequency of 3000 Hz and 4000 Hz. The process of exposure to audiosonic waves was carried out in the laboratory wave vibration and lobby of the campus laboratory for 5 hours after the inoculation process of pure inoculum. The test sample was treated with incubation at 37 °C and the shaker at a frequency of 125 rpm which was done after the audiosonic exposure process, namely the 5th hour. The incubation treatment is done by incubator by controlling the temperature to be fixed at 37 °C which is placed without any movement during the incubation process. While the shaker treatment is done by a shaker set at a frequency of 125 rpm which is placed at the temperature of the laboratory room. The data collection method uses the turbidimetry method using a spectrophotometer at a wavelength of 600 nm (the turbidity value is proportional to the number of cells) every 6 hours for 3 days. The results of the measurement of cell numbers are explained descriptively in the graph of the growth pattern of microorganisms "*Saccharomyces cerevisiae*" using Microsoft Excel.

The results showed that audiosonic exposure of 3000 Hz and 4000 Hz peaks affected the growth patterns of microorganisms "*Saccharomyces cerevisiae*" which were treated with shakers at a frequency of 125 rpm while the incubation treatment at 37 °C had no effect.

Keyword: *Saccharomyces cerevisiae*, audiosonic wave, spectrophotometer

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi bini'matihi tatimusholihat. Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas berkat rahmat dan karunianya yang memberikan banyak nikmat iman, nikmat ujian, yang dengan NYA lah pula segala bentuk kegelisahan dihapuskan di dalam dada insa hina ini. Salawat serta salam juga terjunjung kepada baginda nabi Rasulullah Shollohu 'alaihi wassalam yang semoga syafa'atnya kelak sampai kepada kita semua di yaumil akhir, Aamiin. Atas pertolonganNYA saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Pengaruh Paparan Peak Frekuensi 3kHz dan 4kHz Gelombang Audiosonik terhadap Pola Pertumbuhan Mikroorganisme "*"Saccharomyces cerevisiae"*". Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Pendidikan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Skripsi ini mungkin tidak dapat diselesaikan oleh penulis tanpa bantuan Allah Azza wa jalla yang dilimpahkan melalui beberapa perantara. Oleh karena itu penulis mengucapkan Jazakumullahu khayran kepada :

1. Bapak Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah mengesahkan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Kajurdik Fisika yang membantu dan memperlancarkan administrasi penyusunan skripsi ini

3. Bapak Nur Kadarisman, M.Si. selaku pembimbing akademik sekaligus skripsi yang telah memberikan bantuan, arahan, motivasi di sela-sela kesibukannya Barakallahu fiik.
4. Mas Haris Murtanto selaku staff laboran laboratorium atom dan inti yang telah menyediakan dan mengijinkan untuk melakukan penelitian di laboratorium akustik getaran dan gelombang.
5. Ibuk Tuti selaku staf laboran laboratorium mikrobiologi yang telah membantu segala prosesi selama penelitian berlangsung.
6. Bapak ibuk yang selalu mendoakan, sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar, barakallahu fiik.
7. Dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, jazakumullohu khayran atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak guna menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, April 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
PERSETUJUAN .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Khamir .....	7
1. Saccharomyces cerevisiae .....	8
2. Viabilitas saccharomyces cerevisiae .....	9
3. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Yeast.....	13
B. Spektrofotometer .....	15
C. Bunyi .....	17
1. Gelombang Bunyi.....	18
2. Intensitas Bunyi.....	19
3. Frekuensi dan Getaran.....	20
D. Gelombang.....	22
1. Gelombang Transversal dan Gelombang Longitudinal.....	22
E. Pengaruh Gelombang Audiosonik terhadap Makhluk Hidup .....	25

F. Kerangka Berpikir.....	25
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
A. Jenis Penelitian .....	28
B. Subjek dan Objek Penelitian .....	28
C. Variabel Penelitian .....	28
D. Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
E. Alat dan Bahan .....	29
F. Prosedur Penelitian.....	31
G. Diagram Alir Penelitian .....	35
H. Teknik Pengambilan Analisis Data.....	35
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
A. Pengaruh Audiosonik $f = 3000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ’ dengan perlakuan Inkubasi .....	39
B. Pengaruh Audiosonik $f = 4000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ’ dengan perlakuan Inkubasi.....	43
C. Pengaruh Audiosonik $f = 3000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ’ dengan perlakuan Shaker .....	46
D. Pengaruh Audiosonik $f = 4000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ’ dengan perlakuan Shaker.....	49
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## **DAFTAR TABEL**

a. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan  $f = 3000$  Hz – Kontrol

Tabel 4.1 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan  $f = 3000$  Hz dan tidak

b. Data Hasil Rata-rata pengukuran jumlah sel Paparan 4000 Hz – Kontrol

Tabel 4.2 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 4000 Hz dan tidak

c. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan 3000 Hz – Kontrol

Tabel 4.3 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 3000 Hz dan tidak

d. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan 4000 Hz – Kontrol

Tabel 4.4 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 4000 Hz dan tidak

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 *Saccharomyces cerevisiae*

Gambar 2.2 Siklus hidup *Saccharomyces cerevisiae*

Gambar 2.3 Fase pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

Gambar 2.4 Spektrofotometer

Gambar 2.5 Sebuah Ilustrasi bagaimana bunyi dapat terdengar telinga manusia

Gambar 2.6 Gerakan gelombang pada sebuah slink

Gambar 2.7 (a) Grafik simpangan kedudukan, (b) grafik simpangan waktu (c) PP' dan QQ' adalah amplitudo

Gambar 2.8 Gelombang longitudinal

Gambar 4.1 Grafik kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi

Gambar 4.2 Grafik kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi

Gambar 4.3 Grafik Kurva pola pertumbuhan *saccharomyces cerevisiae* pada paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker

Gambar 4.4 Grafik Kurva pola pertumbuhan *saccharomyces cerevisiae* pada paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Lampiran 1. Data hasil pertumbuhan mikroorganisme
2. Lampiran 2. Dokumentasi

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Indonesia adalah salah satu pemasok utama kakao dunia setelah Pantai Gading (38,3%) dan Ghana (20,2%) dengan persentasi 13,6% (Askindo,2005). Indonesia juga dikenal sebagai negara pengekspor biji kakao terpenting di dunia. Pada tahun 2010 Indonesia menduduki posisi sebagai pengekspor biji kakao terbesar ketiga dunia dengan produksi biji kering 550.000 ton. Berdasarkan data yang dimiliki oleh PPHP Kementerian Pertanian, luas areal tanaman kakao Indonesia mencapai 1,7 juta hektare. Dari luas tanaman kakao tersebut, sebanyak 1,1 juta hektare diantaranya tersebar merata di enam provinsi di Sulawesi. Sedangkan total produksi kakao nasional tercatat sebesar 750 ribu ton dan sekitar 70% diantaranya disumbang dari Sulawesi (Riris Juanita,2015).

Dari seluruh total produksi kakao nasional, hanya 60 persen yang masuk dalam kualitas ekspor. Sisanya masih berkualitas rendah dan hanya bisa diterima oleh pasar tertentu atau dengan mencampur kakao kualitas baik dengan kualitas rendah (Rosalina,2013). Oleh karenanya untuk meningkatkan kualitas biji kakao dilakukan proses fermentasi biji kakao.

Proses fermentasi akan menghasilkan kakao dengan cita rasa setara dengan kakao berkualitas tinggi lainnya, seperti kakao yang berasal dari Ghana. Selain itu, kakao Indonesia memiliki kelebihan tidak mudah meleleh sehingga cocok untuk peracikan (*blending*) (Iqbal Muhtarom,2013).Fermentasi ini akan menghasilkan precursor cita rasa,

mencoklat-hitamkan warna biji, mengurangi rasa pahit, asam, manis dan aroma bunga, meningkatkan aroma kakao dan kacang (*nutty*), dan mengeraskan kulit biji menjadi seperti tempurung. Biji yang tidak difermentasi tidak akan memiliki senyawa precursor tersebut sehingga cita rasa dan mutu biji sangat rendah (Amalia Farra,2013).

Kendati Indonesia menduduki peringkat ketiga penghasil kakao terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Akan tetapi, dari segi kualitas, kakao Indonesia kurang bagus, hal ini dikarenakan biji kakao dari Indonesia mayoritas belum difermentasi sehingga kualitasnya rendah (Sony Satari, 2015). Petani kakao Indonesia memiliki kecenderungan untuk mengolah biji kakao tanpa fermentasi dengan cara merendam biji dalam air untuk membuang *pulp* dan dilanjutkan dengan proses penjemuran, setelah itu biji siap dijual tanpa memperhatikan kualitas. Langkah tersebut diambil petani untuk mendapatkan hasil penjualan yang cepat karena jika melalui fermentasi memerlukan waktu inkubasi selama 7 hari sehingga petani harus menunggu untuk mendapatkan keuntungan dari penjualan. Sedangkan fermentasi yang merupakan kunci penting untuk membentuk cita rasa pada kakao (Amalia Farra,2013).

Dalam proses fermentasi akan melibatkan beberapa mikroorganisme yang berperan dalam pembentukan cita rasa sebuah kakao. Schwan, et al. (1998) dalam (Maria, 2008) menemukan lebih dari 40 spesies mikroba yang tumbuh selama proses fermentasi kakao. Tetapi tidak semua mikroba tersebut memiliki peran penting dalam fermentasi,

sehingga seleksi perlu dilakukan terhadap mikroba yang mempunyai peran utama dalam pembentukan aroma, warna, flavor, dan komponen kimia kakao biji *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* merupakan dominan yeast selama fermentasi kakao karena tingkat survival yang tinggi,  $10^7$  cfu/g (colony for unit) selama 36 jam (Ardhana dan Fleet, 2003).

Dari beberapa penelitian yang ada, sebuah metode dengan penambahan inokulum campuran dapat mempercepat proses fermentasi. Penambahan inokulum yang terdiri dari *saccharomyces cerivisiae*, *lactobacikkus lactis*, *acetobacter aceti* pada awal fermentasi akan mempercepat proses fermentasi sehingga proses fermentasi sempurna terjadi pada hari ke-3 (Maria Erna Kustyawati dan Sri Setyani,2008). Hal ini terjadi karena meningkatnya aktivitas dan jumlah sel mikroba sehingga proses fermentasi berjalan cepat. Namun disisi lain dengan penambahan inokulum campuran ini akan menambah dana pengeluaran para petani kakao. Sehingga petani kakao akan lebih mempertimbangkan menggunakan metode penambahan inokulum.

Peningkatan jumlah sel mikroba bergantung dari beberapa faktor termasuk kondisi lingkungan. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, peningkatan jumlah sel mikroba juga dipengaruhi oleh suara jenis audiosonik. Penelitian yang pernah dilakukan yaitu bakteri *Staphylococcus aureus* yang pertumbuhan sel nya meningkat sebesar 288% dengan diberi paparan suara dengan peak frekuensi gelombang audiosonik sebesar 7kHz selama 30 detik (Marshall, 2011). Dari

permasalahan diatas maka kami melakukan peneltian untuk mengetahui pengaruh terhadap pertmbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap paparan suara dengan peak frekuensi audiosonik 3kHz dan 4kHz. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mempercepat proses fermentasi biji kakao tanpa mengurangi kualitas biji kakao tersendiri serta menaikan kualitas biji kakao.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kualitas kakao Indonesia masih kurang baik dan tidak layak ekspor.
2. *Saccharomyces cerevisiae* berperan aktif dalam penentu kualitas rasa dan aroma dari kakao pada fermentasi.
3. Fermentasi membutuhkan waktu 7 hari, sedangkan untuk mempercepat prosesnya harus menambahkan sebuah inokulum yang akan menambah biaya produksi

### **C. Batasan Masalah**

Masalah dalam penelitian ini dibatasi pada pengukuran jumlah sel mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* guna melihat pengaruh pola pertumbuhannya, menggunakan metode turbidimetri terhadap paparan sinyal audiosonik pada peak frekuensi 3kHz dan 4kHz selama proses inkubasi pada inkubator dan proses shaker dengan frekuensi 125 rpm.

## **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi pada inkubator ?
2. Apakah ada pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi pada inkubator ?
3. Apakah ada pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker pada frekuensi 125 rpm ?
4. Apakah ada pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker pada frekuensi 125 rpm ?

## **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan selama proses inkubasi pada inkubator.

2. Mengetahui pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan selama proses inkubasi pada inkubator.
3. Mengetahui pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan selama proses shaker pada frekuensi 125 rpm.
4. Mengetahui pengaruh pola pertumbuhan mikroorganisme *“Saccharomyces cerevisiae”* yang diberi paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan selama proses shaker pada frekuensi 125 rpm

#### **F. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi referensi baru untuk penelitian lebih lanjut terkait pengaruh paparan sinyal audiosonik terhadap pola pertumbuhan sel mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* pada peak frekuensi 3000 Hz dan 4000 Hz selama proses inkubasi pada inkubator dan proses shaker dengan frekuensi 125 rpm.



## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Khamir (*yeast*)**

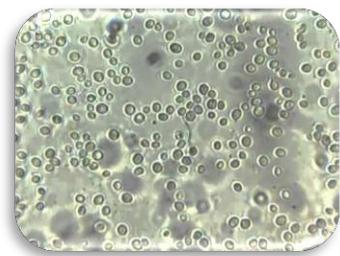
Khamir merupakan jamur bersel tunggal (eukariotik). Dalam pembahasan bidang industry keberadaan khamir seringkali dibahas secara terpisah dengan jamur. Khamir banyak digunakan pada proses tradisional dan modern untuk produksi makanan, minuman, enzim, bahan kimia dan bahan farmasi. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu mikroba “*conventional*” yang sudah banyak diketahui untuk proses fermentasi minuman (beer, wine, cider). Selain itu masih banyak lagi khamir seperti *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Debarromyces* dan *Yarrowia* yang sangat penting untuk proses bioteknologi (Nur H. dkk, 2006).

Selain sebagai inokulum untuk pembuatan roti, beer dan wine khamir juga dimanfaatkan dalam produksi bahan tambahan pangan. Hal ini dilakukan setelah diketahui bahwa khamir kaya akan vitamin B, protein, peptide, asam amino dan mineral. Sehingga khamir pernah terkenal sebagai sumber protein sel tunggal (PST). Kini banyak produk dihasilkan dari khamir seperti antioksidan, aroma, flavor, warna dan vitamin. Bahan flavor dibuat dari ekstrak khamir, autolisat khamir dan khamir kering (Nur H. dkk, 2006).

## 1. *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces sp.* sering disebut juga khamir (*yeast*). Tubuhnya terdiri atas satu sel (eukariotik). *Saccharomyces* di klasifikasikan sebagai berikut

Kingdom	: <i>Fungi</i>
Phylum	: <i>Ascomycota</i>
Class	: <i>Saccharomycetes</i>
Ordo	: <i>Saccharomycetales</i>
Famili	: <i>Saccharomycetaceae</i>
Genus	: <i>Saccharomyces</i>
Spesies	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

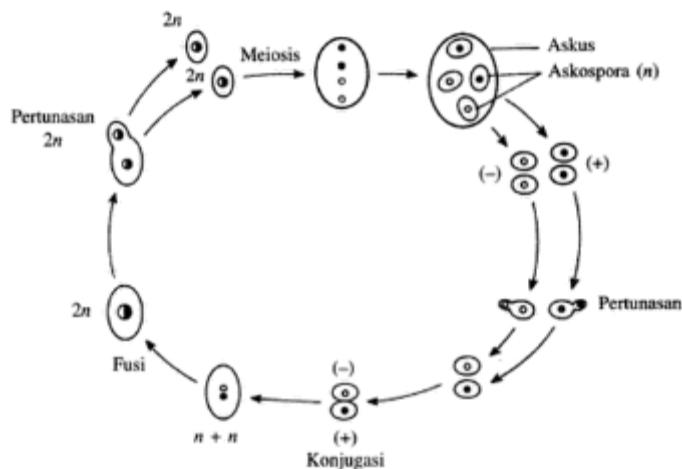


Gambar 2.1. (*Saccharomyces cerevisiae*)

Komposisi kimia *Saccharomyces cerevisiae* terdiri atas : protein kasar 50 – 52 %. Karbohidrat 30-37%, lemase 4-5%, dan mineral 7-8% (Mutiara T. dkk, 2006).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir yang paling popular dan banyak digunakan dalam industry pangan. Dalam industry makanan, *S cerevisiae* digunakan dalam pengembangan adonan roti dan dikenal sebagai ragi roti. Khamir ini berperan pada pembuatan roti, wine, alkohol, gliserol, enzim invertase, protein sel tunggal (PST). Spesies ini merupakan isolat khamir yang dominan pada fermentasi kakao yakni mencapai 79% dari total khamir yang ada (Nur H. dkk, 2006).

## 2. Viabilitas *Saccharomyces cerevisiae*



**Gambar 2.2.** Siklus hidup *Saccharomyces cerevisiae* (Schaum's Outline

Genetika : 135)

Pada organisme organisme bersel satu yang jarang ditemukan dan bereproduksi hanya secara aseksual, siklus sel merepresentasikan keseluruhan rangkaian peristiwa yang terjadi selama masa hidup sel.

Pada organisme yang bereproduksi secara seksual, baik bersel satu ataupun multiseluler, siklus sel terinkorporasi ke dalam rangkaian peristiwa yang lebih kompleks. Dalam proses seksual terjadi dua peristiwa penting, satu diantaranya adalah penyatuan sel-sel kelamin (gamet). Hal tersebut menyatukan (fusi) materi genetic dari dua sumber berbeda yang menghasilkan zigot. Pada sejumlah organisme, gamet-gamet itu mitip bentuknya, tetapi pada kebanyakan organisme, gamet-gamet itu berupa struktur-struktur terspesialisasi diformik, dikenal

sebagai sperma dan sel telur. Masing-masing gamet hanya memiliki separuh jumlah kromosom yang ditemukan pada sel-sel nonreproduktif (somatis) organisme tersebut. Penggabungan kedua gamet,, disebut fertilisasi, menghasilkan pelipat-duaan jumlah kromosom, baik gamet-gamet yang menyatu itu mirip (isogamet) ataupun tidak (heterogamet). Setiap gamet umumnya mengandung satu set kromosom, sehingga fertilisasi akan menghasilkan zigot (biasanya berupa telur terfertilisasi) dengan dua set kromosom. Kondisi itu disebut diploid (dilambangkan sebagai  $2n$ ), sementara kondisi kepemilikan satu set kromosom saja disebut haploid ( $1n$ ). proses reduksi jumlah kromosom yang disebut meiosis terjadi diantara satu peristiwa seksual dengan peristiwa yang lain. Meiosis, yang terjadi pada sel-sel diploid, menghasilkan empat sel haploid. Serangkaian penyatuan seksual secara berurutan tidak dapat terjadi tanpa terjadinya tahapan meiosis di antaranya, sebab jumlah kromosom akan berlipat dua pada setiap fertilisasi (Fried dan Hademenos, 2006 : 94).

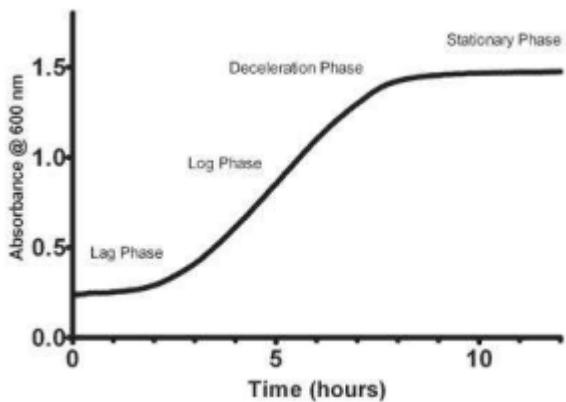
Pertumbuhan dalam system biologi dapat diartikan sebagai pertambahan komponen kimia. Pertambahan berat tidak selalu disamakan dengan pertumbuhan karena sel dapat bertambah beratnya dengan tidak memperbanyak sel tetapi dengan memperbesar kantung penampung hasil metabolisme seperti *glycogen* atau *poly-beta-hydroxybutirate*. Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pertambahan

jumlah sel dengan bertambahnya RNA, DNA, protein dan air dalam sel (Mahreny dan Sri suhenry, 2011).

Untuk mengukur kecepatan perumbuhan sel maka dapat dilakukan secara langsung dan secara tidak langsung. Perhitungan secara langsung meliputi *counting chamber*, menggunakan pengecatan dan pengamatan mikroskopik, menggunakan filter membrane, dan perhitungan secara tidak langsung meliputi : *Most Probable Number* (MPN), berdasarkan kekeruhan, Analisis kimia, Berat kering, berdasarkan jumlah koloni (TPC) (Rachmawati A. dkk, 2017 : 20-21).

Fase pertumbuhan sel dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu : (i) fase lag (pertumbuhan sama dengan nol), (ii) fase percepatan pertumbuhan (pertumbuhan cepat mengikuti kurve eksponensial), (iii) fase stagnan (kecepatan pertumbuhan tetap), dan fase kematian (pertumbuhan semakin lambat dan sebagian sel mati). Pada fase lag jumlah sel tetap, tetapi sel dapat bertambah besar pada periode ini. Beberapa parameter yang mempengaruhi waktu fase lag adalah jenis dan umur sel mikrorganisme, ukuran inokulum dan kondisi media tumbuh. Apabila sel tumbuh di dalam medium yang kekurangan nutrien atau ekses nutrien, maka waktu fase lag lebih lama. Karena sel tumbuh di dalam medium yang kekurangan nutrien dengan jenis nutrien yang ada. Apabila sel dipindahkan dari media yang mempunyai konsentrasi nutrien tinggi ke konsentrasi nutrien rendah, biasanya tidak melalui fase lag. Parameter lain yang mempengaruhi waktu fase lag adalah ukuran

inokulum. Apabila sel dengan ukuran kecil ditumbuhkan dalam media yang volumenya besar, sel akan mengalami fase lag yang lama (lee, 1992 : 42).



**Gambar 2.3.** Fase pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

**a. Fase Adaptasi (*Lag Phase*)**

Fase ini merupakan fase dimana *Saccharomyces cerevisiae* menyesuaikan diri (adaptasi) dengan lingkungan barunya dan belum mengadakan perbanyakannya sel. Mikroba merombak substrat menjadi nutrisi untuk pertumbuhannya (satriyo k. dkk, 2011)

**b. Fase Eksponensial**

*Saccharomyces cerevisiae* telah menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Pembelahan sel terjadi secara sangat cepat secara eksponensial. Dalam kondisi kultur yang optimum, sel mengalami reaksi metabolisme yang maksimum. Fase eksponensial ini berlangsung selama 2 jam. Peristiwa ini dapat menunjukkan bahwa kultur telah berada pada kondisi aktif

dan proses aktivitas sebelumnya berjalan baik (Satriyo K., dkk, 2011)

**c. Fase Penurunan (*Deceleration Phase*)**

Fase ini berlangsung selama 20 menit, dimana pertumbuhan mengalami perlambatan (Satriyo K., dkk, 2011)

**d. Fase Penetapan / Konstan (*Stationer Phase*)**

Pada fase ini kecepatan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah nol. Namun demikian, bukan berarti tidak terjadi pertumbuhan sel. Konsentrasi biomassa pada fase ini berada dalam keadaan maksimum. Pada fase ini menghasilkan metabolisme sekunder, yaitu merupakan inhibitor dan bersifat racun. Nutrien yang merupakan asupan nutrisi bagi *Saccharomyces cerevisiae* mulai berkurang, sehingga adanya persaingan antar mikroba yang mengakibatkan semakin cepat kematian.

**e. Fase Kematian (*decline phase*)**

Tahapan pada fase ini terhentinya aktifitas kehidupan *Saccharomyces cerevisiae*, dikarenakan tidak adanya energi yang digunakan untuk melakukan metabolisme (Satriyo K. dkk, 2011).

**3. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Yeast**

Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* antara lain (Nester, et al, 2001) :

### **a. Nutrien**

Nutrien yang dibutuhkan yaitu nitrogen yang berguna untuk sintesis protein yang didapatkan dari ion amonium, sedangkan beberapa dapat menggunakan nitrat dan nitrit yang didapat dari penambahan pupuk yang mengandung zat urea, pepton dll. Kemudian sumber karbon, hydrogen dan oksigen terdapat pada karbohidrat, sulfur dari sulfat di medium. Untuk pertumbuhan sintetik dibutuhkan unsur kelumit berupa boron, coper, zink, mangan, besi, iodium dan molibdenum.

### **b. Keasaman (ph)**

Laju pertumbuhan mikroorganisme *saccharomyces cerevisiae* bergantung pada pH, adanya perubahan pH dapat mempengaruhi permeabilitas sel dan sintesis enzim, oleh sebab itu diperlukan upaya dalam mempertahankan pH dan buffer. Adapun nilai pH optimal untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevaise* berada anatara 2,5 – 4,5 (Agustining, 2012).

### **c. Suhu**

*Saccharomyces cerevisiae* memiliki suhu optimum untuk pertumbuhannya. Pada posisi suhu dibawah minimal maupun diatas maksimal dapat menyebabkan terjadinya denaturasi enzim sehingga *saccharomyces cerevisiae* tidak dapat tumbuh. Sebagian besar *saccharomyces cerevisiae* umumnya tumbuh baik pada kisaran 25 – 46 °C (Agustining, 2012). Dikatakan pada literasi lain bahwa “suhu

optimum untuk tumbuh antara 22 – 30 oC dan toleran hingga 37oC”  
(Barnett, 1990)

## B. Spektrofotometer



**Gambar 2.4.** Spektrofotometer

Spektrofotometri merupakan metode analisis kimia yang berdasarkan interaksi energi dengan materi. Alat untuk analisis secara spektrofotometri disebut spektrofotometer, yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu senyawa secara kuantitatif maupun kualitatif. Metode analisis yang umum digunakan adalah dengan spektrofotometer UV-Vis (Mulja dan Suharman, 1995 : 615).

Sumber radiasi elektromagnetik dalam spektrofotometer akan melewati sampel yang berada pada kuvet. Metode yang digunakan merupakan metode in-vitro dimana sampel harus dimasukan kedalam tempat sampel (kuvet). Dalam beberapa kasus analisis in-vitro tidak bisa dilakukan karena harus dilakukan analisis secara langsung dan ada beberapa sampel akan berubah ketika dimasukan kuvet.

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang, tiap media akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung pada senyawa atau warna terbentuk. (Hasibuan E., 2015 : 12-13).

Spektrofotometer dapat mengukur kepekaan sel dalam suspensi dengan parameter *optical density* (OD). Dalam mikrobiologi OD sebagai suatu hitungan karena OD sebanding dengan jumlah sel dalam suspensi biakan (bibiana, 1994).

Dalam penggunaannya, penentuan jumlah sel dengan spektrofotometer dengan parameter OD memerlukan dua tahap. Pada tahap pertama, spektrofotometer dikalibrasikan hingga mempunyai nilai 0 bila tidak ada sel. Langkah ini dilakukan dengan memasukan kuvet yang berisi larutan blanko, sedangkan pada tahap kedua dilakukan dengan memasukan kuvet yang berisi larutan sampel hingga diperoleh nilai OD (bibiana, 1994).

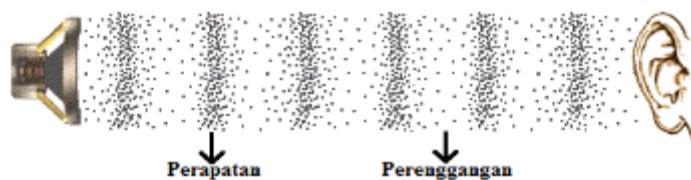
Pengukuran densitas optik dengan menggunakan spektrofotometer didasarkan pada pemisahan cahaya pada panjang gelombang 600 nm. Panjang gelombang 600 nm memiliki warna *orange*, pemilihan panjang gelombang 600 nm ini dikarenakan dengan panjang gelombang 600 nm, bahan organik lebih mudah menyerap cahaya.

Prinsipnya gelombang cahaya akan melewati suspensi biakan hingga banyaknya cahaya yang akan ditransmisikan setelah melewati suspensi dapat diukur. Jumlah cahaya yang ditransmisikan setelah melewati biakan berbanding terbalik dengan jumlah mikroorganisme.

Densitas optik suatu suspensi tidak langsung menunjukkan jumlah sampel dalam suatu populasi, namun menunjukkan jumlah cahaya yang disebar oleh populasi tersebut. Untuk memperoleh jumlah sel mikroorganisme, maka nilai kerapatan optik harus disetarakan dengan jumlah organisme. Semakin besar OD<sub>600</sub> maka semakin banyak selnya (OD<sub>600</sub> = 1 menjadi 10<sup>7</sup> sel/mL) (Khoirunnasi A., 2016 : 24-25)

### C. Bunyi

Sumber bunyi adalah semua benda yang bergetar dan menghasilkan bunyi yang merambat melalui medium atau zat perantara. Gelombang bunyi terdiri dari molekul-molekul yang bergetar merambat ke segala arah, molekul-molekul itu berdesakan dibeberapa tempat, sehingga menghasilkan wilayah tekanan tinggi atau perapatan (*compression*), tapi di tempat lain merenggang (*rarefaction*), sehingga menghasilkan wilayah tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak melalui medium atau zat pengantar berupa udara, gas, zat cair dan zat padat. Dengan prinsip tersebut gelombang ini termasuk gelombang longitudinal (Paul, 1998).



**Gambar 2.5.** Sebuah Ilustrasi bagaimana bunyi dapat terdengar telinga manusia

Gambar merupakan ilustrasi dari proses perambatan gelombang buyi melalui medium udara. Sumber bunyi dihasilkan oleh sumber suara yaitu speaker yang berfungsi sebagai osilator (penghasil getaran). Pada medium udara terjadi proses perenggangan dan perapatan pada partikel-partikel dimedia udara, proses itu terjadi dengan sangat cepat dan semakin lama bunyi dari sumber akan diterima oleh pendengar dengan menggetarkan membran yang ada pada telinga manusia.

### 1. Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi yang paling sederhana adalah gelombang sinusoidal, yang mempunyai frekuensi, amplitudo, dan panjang gelombang tertentu. Telinga manusia peka terhadap gelombang dalam jangkauan frekuensi dari sekitar 20 sampai 20.000 Hz, yang dinamakan jangkauan yang dapat didengar (*audible range*), tetapi kita juga menggunakan istilah bunyi untuk gelombang serupa dengan frekuensi di atas (*ultrasonik*) dan di bawah (*infrasonik*) jangkauan pendengaran manusia. Gelombang bunyi biasanya berjalan menyebar ke semua arah dari sumber bunyi dengan amplitudo yang bergantung pada arah dan jarak dari sumber itu. Kita akan kembali ke pokok masalah ini dalam subbab berikutnya. Fungsi gelombang  $y(x,t)$ , yang memberikan pergeseran sesaat  $y$  sebuah partikel dalam medium itu pada posisi  $x$  pada waktu  $t$ . jika gelombang itu sinusoidal, kita dapat menyatakannya dengan menggunakan persamaan :

$$y(x,t) = A \sin (\omega t - kx)$$

(gelombang bunyi yang merambat dalam arah  $x$  positif) (Young dan Freedman, 2001)

## 2. Intensitas bunyi

Gelombang bunyi berjalan, seperti semua gelombang berjalan lainnya, memindahkan energi dari satu daerah ruang ke daerah ruang lainnya. Kita mendefinisikan intensitas (*intensity*) sebuah gelombang (yang dinyatakan oleh  $I$ ) sebagai laju rata-rata terhadap waktu pada saat energi diangkut oleh gelombang itu, per satuan luas, menyebrangi permukaan yang tegak lurus terhadap arah perambatan. Ini berarti, intensitas  $I$  adalah daya rata-rata per satuan luas.

Intensitas  $I$  sebuah gelombang adalah kecepatan rata-rata terhadap waktu pada saat energi diangkat oleh gelombang itu, persatuan luas. Untuk sebuah gelombang sinusoidal yang amplitudonya  $A$  dan amplitudo tekanannya  $p_{maks}$  :

$$I = \frac{1}{2} \sqrt{\rho B \omega^2 A^2} = \frac{P_{maks}}{2\rho v} = \frac{P_{maks}}{2\sqrt{\rho B}}$$

Karena telinga peka terhadap jangkauan intensitas yang begitu lebar maka biasanya digunakan skala intensitas logaritmik. Tingkat intensitas bunyi (*sound intensity level*) Beta sebuah gelombang bunyi didefinisikan oleh persamaan :

$$\text{Beta} = (10 \text{ dB}) \log I/I_0 \text{ (definisi tingkat intensitas bunyi)}$$

Di mana  $I_0$  adalah intensitas acuan yang didefinisikan sebesar  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ . Tingkat intensitas bunyi dinyatakan dalam *decibel (dB)*. *Decibel*

adalah 1/10 bel, sebuah satuan yang dinamakan untuk menghormati Alexander Graham Bell (penemu telepon) (Young dan Freedman, 2001).

### **3. Frekuensi dan Getaran**

Frekuensi sebagai getaran periodik yang frekuensinya dapat didengar oleh rata – rata manusia. Frekuensi – frekuensi yang dapat didengar oleh manusia disebut audio atau sonik. Range frekuensi yang umumnya dapat didengar berkisar dari 20 Hz sampai 20.000 Hz. Frekuensi diatas 20.000 Hz sampai 20 MHz disebut ultrasonik, gelombang ini sering digunakan untuk pemeriksaan kualitas produksi di dalam insdustri. Di bidang kedokteran, gelombang ini digunakan untuk diagnosis dan pengobatan, karena mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat. Sedangkan frekuensi – frekuensi di bawah 20 Hz disebut infrasonik.

Penting untuk diingat bahwa kata “bunyi” (sound) mengacu kepada sebuah fenomena perambatan gelombang pada sebuah medium, sedangkan kata “suara” (voice) mengacu kepada bunyi yang dihasilkan dari organ tubuh manusia, yaitu membran getar pada organ-organ bicara manusia. Kata “audio”, “sonik”, “audiosonik”, dan “akustik” secara umum diartikan sebagai jangkah frekuensi (*frequency range*) dari spektrum bunyi yang dapat dideteksi/didengar oleh manusia, walaupun sebenarnya kata “akustik” (*acoustic*) sendiri merupakan suatu interdisiplin ilmu yang mempelajari bunyi. (Paul, 1998).

Frekuensi ( $f$ ) gelombang bunyi menyatakan berapa banyaknya osilasi yang terjadi selama waktu tertentu, biasanya dalam satu detik. Frekuensi diekspresikan dalam banyaknya siklus per detik dengan satuan ukur dalam Hertz (Hz). Kebalikan dari frekuensi yaitu periode ( $T$ ). periode suatu gelombang diartikan sebagai berapa lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah osilasi sempurna.

$$f = \frac{1}{T}$$

Dimana  $f$  adalah frekuensi dalam Hz dan  $T$  ialah periode dalam detik.  
(Serway dan Jewett, 2011)

Terdapat hubungan matematis sederhana antara panjang gelombang ( $\lambda$ ), periode ( $T$ ), dan frekuensi ( $f$ ), yaitu kecepatan atau laju ( $v$ ). karena kecepatan ialah jarak dibagi oleh waktu, maka dapat kita turunkan suatu persamaan :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Atau dengan mengganti T dengan  $f$ , maka didapat :

$$v = \lambda \times f$$

Dimana :  $v$  = kecepatan atau laju gelombang (m/s)  
 $\lambda$  = panjang gelombang (m)  
 $T$  = periode gelombang (s)  
 $f$  = frekuensi gelombang (Hz)

## D. Gelombang

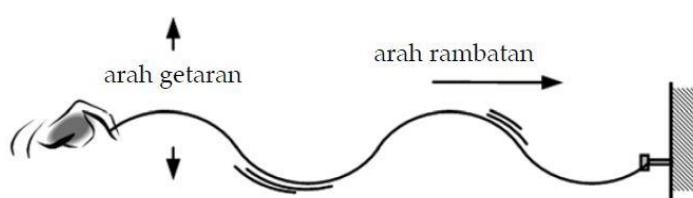
Gelombang adalah getaran atau energi yang merambat, sedangkan medium atau bagian-bagian gelombang itu sendiri tidak ikut merambat.

### 1. Gelombang Transversal dan Gelombang Longitudinal

Berdasarkan arah getarnya, gelombang dibagi menjadi dua, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

#### a. Gelombang transversal

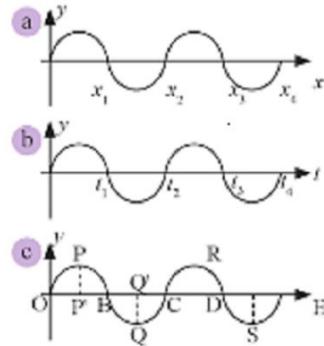
Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus arah perambatan gelombang. Demonstrasi tentang terjadinya gelombang transversal dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan tali atau slinki. Pada gelombang transversal, yang merambat adalah bentuk bukit atau lembah gelombang. Perambatan bulat atau lembah hanya terjadi pada zat elastis. Oleh karena itu, gelombang transversal hanya dapat terjadi pada zat padat.



**Gambar 2.6.** Gerakan gelombang pada sebuah slink

Jika gambar diatas dilukis ulang maka akan didapat gambar baru seperti gambar dibawah. Gambar a menyatakan grafik simpangan terhadap jarak dan gambar b menyatakan grafik

simpangan terhadap waktu. Pada gambar c akan diketahui istilah-istilah pada gelombang transversal seperti berikut :



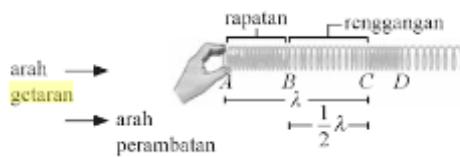
**Gambar 2.7.** (a) Grafik simpangan kedudukan, (b) grafik simpangan waktu (c) PP' dan QQ' adalah amplitudo

- Puncak gelombang adalah titik-titik tertinggi pada gelombang, contohnya titik P dan R
- Dasar gelombang adalah titik –titik terendah pada gelombang, contohnya titik Q dan S
- Bukit gelombang adalah lengkungan OPB atau CRD
- Lembah gelombang adalah cekungan BQC atau DSE
- Amplitude (Lambang A) adalah nilai mutlak simpangan terbesar yang dapat dicapai, contohnya PP atau QQ
- Panjang gelombang (lamda) adalah jarak antara dua uncak gelombang yang berurutan, contohnya PR atau jarak antara dua dasar yang berurutan contohnya QS
- Periode ( $T$ ) adalah selang waktu yang diperlukan untuk menempuh dua puncak yang berurutan atau selang waktu yang diperlukan untuk menempuh dua dasar yang berurutan

seperti ditunjukkan pada gambar b satuan periode adalah sekon.

### b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatan gelombang. Demonstrasi gelombang longitudinal juga dapat dilakukan dengan memakai slinki. Beberapa gelombang yang termasuk gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi dan gelombang pada permukaan air yang tenang.



**Gambar 2.8.** Gelombang longitudinal

Dari gambar diatas akan diperoleh istilah-istilah dalam gelombang longitudinal, yaitu sebagai berikut :

- Rapatan dinyatakan oleh A-B atau C-D
- Regangan dinaytakn oleh B-C
- Sebuah panjang gelombang adalah jarak antara dua rapatan yang berdekatan atau jarak antara dua regangan yang berdekatan ( $1\lambda$ )
- Setengah panjang gelombang adalah jarak antara rapatan dan regangan yang berdekatan ( $\frac{1}{2}\lambda$ )

Sebuah puncak gelombang bergerak sepanjang satu panjang gelombang dalam satu periode (lambang  $T$ ), sedangkan banyaknya gelombang yang melalui sebuah titik setiap satuan waktu disebut frekuensi ( $f$ ). dengan demikian, jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu satu periode ( $T$ ) disebut sebagai panjang gelombang ( $\lambda$ ). Jika dalam waktu  $t$  sebanyak  $n$  gelombang melalui sebuah titik maka persamaan untuk frekuensi dan periode gelombang tersebut adalah :

$$f = \frac{n}{t} \text{ atau } T = \frac{t}{n}$$

Dengan :  $f$  = frekuensi (Hz)

$T$  = periode (s)

$t$  = waktu(s)

$n$  = banyak gelombang (buah)

Selain itu, periode dan frekuensi memiliki hubungan sebagai berikut

:

$$f = \frac{1}{T} \text{ atau } t = \frac{1}{f}$$

#### E. Pengaruh Gelombang Audiosonik terhadap Makhluk Hidup

Pemberian suatu gelombang pada mikroorganisme telah beberapa kali diteliti, dan ternyata menyebabkan perubahan pada hasil viabilitas mikroorganisme. Pemberian gelombang ultrasonik kerap dipakai untuk keperluan meloloskan dinding sel dan membunuh mikroorganisme.

Gelombang audiosonik juga sudah pernah beberapa kali dicoba diteliti . Salah satu percobaan yang dilakukan adalah pemberian gelombang audiosonik sebesar 1 kHz, 5 kHz, dan 15 kHz terhadap bakteri *E.coli* yang dilakukan oleh Joanna Cho Lee Ying dan kawan kawan. Dalam penelitiannya dilakukan pajanan audiosonik selama 5 jam dan memberikah hasil yang positif, yaitu peningkatan jumlah sel mikroorganisme yang terjadi pada peak frekuensi 5 kHz. Percobaan lain lagi Poopathy Mutu Karippen yaitu pemberian pajanan gelombang audiosonik pada mikroorganisme *Aspergillus sp* yang diberikan pajanan peak frekuensi 5 kHz, 10 kHz, dan 15 kHz selama 5 jam. Dengan hasil yang tidak memberikan peningkatan jumlah mikroorganisme *Aspergillus sp*.

Sedangkan Ricky, mahasiswa Universitas Indonesia melakukan penelitian pemberian gelombang audiosonik pada peak 7 kHz dan 17 kHz terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian ini meningkatkan jumlah mikroorganisme sebesar 24,16% pada peak 17 kHz. Disisi lain penelitian yang membahas viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap pajanan audiosonik 7 kHz selama 10 dan 30 detik yang dilakukan oleh Marshall memberika peningkatan jumlah mikroorganisme pada pajanan 30 detik dengan peningkatan sebesar 288%.

## F. Kerangka Berpikir

Seperti yang telah dilakukan oleh peneliti – peneliti sebelumnya yang membahas pengaruh viabilitas mikroorganisme terhadap pemberian

pajanan gelombang audiosonik. Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin melakukan penelitian serupa dengan menggunakan subyek mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yang diberikan pajanan peak 3 kHz dan 4 kHz selama 5 jam. Sumber bunyi yang digunakan melalui speaker yang diset pada peak frekuensi tertentu, dan proses sonikasi dilakukan di dalam bilik akustik. Penelitian ini diharapkan memperoleh hasil yang bagus seperti penelitian sebelumnya.

Dengan penelitian ini akan diketahui apakah ada pengaruh paparan gelombang audiosonik terhadap viabilitas *Saccharomyces cerevisiae*. Parameter yang digunakan untuk melihat perbandingannya ialah dari hasil perhitungan *optical density* (nilai kekeruhan) yang berhubungan dengan jumlah sel mikroorganisme.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan jenis eksperimen laboratorium

#### **B. Subjek dan Objek Penelitian**

1. Subjek penelitian ini adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari khamir komersial fermipan.
2. Objek penelitian ini adalah peak frekuensi gelombang audiosonik terhadap pertumbuhan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*

#### **C. Variabel Penelitian**

##### **1. Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu peak frekuensi audiosonic 3000 Hz, dan 4000 Hz yang dipajangkan selama 5 jam.

##### **2. Variabel Terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap waktu pertumbuhan.

##### **3. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah Jenis mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*, suhu.

## **D. Waktu dan Tempat Penelitian**

### **1. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium mikrobiologi lantai 1 dan laboratorium getaran gelombang lantai 2, Lobi laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

### **2. Waktu Penelitian**

Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu sekitar 3 bulan dari bulan Janurari 2019 – bulan Maret 2019.

## **E. Alat dan Bahan**

### **1. Alat**

1. Sengkelit / Jarum inokulasi 10  $\mu$ liter
2. Mikropipet ukuran 1000  $\mu$ liter
3. Tip mikropipet
4. Botol 100 ml
5. Shaker
6. Sonikator
7. Erlenmeyer
8. Tabung reaksi
9. Becker glass
10. Inkubator
11. Bunsen
12. Thermometer

13. Stopwatch
14. Kompor
15. Gelas ukur
16. Pipet gondok
17. Gelas ukur
18. Autoclave
19. Spektrofotometer
20. Pisau
21. Kabel roll
22. Microphone
23. Laptop
24. Timbangan digital
25. kuvett

## **2. Bahar**

1. *yeast* extract
2. Dextrosa
3. peptone water
4. Khamir komersial (fermipan) *Saccharomyces cerevisiae*
5. Alkohol 70%
6. Akuades steril
7. Kapas
8. Benang
9. HCL 1M

10. kertas coklat

11. karet gelang.

## F. Prosedur Penelitian

### 1. Persiapan Alat dan Bahan

- a. Menyiapkan kotak (bilik akustik) berukuran 60 x 40 x 40 cm, amplifier AFG (pengatur frekuensi), dan kabel roll masing-masing sebanyak 2 buah.
- b. Menyiapkan botol 100 ml sebanyak 14 buah, Api bunsen, kertas coklat, karet gelang, gelas ukur, aquades, korek api, dan autoclave.
- c. Menyiapkan khamir komersial (fermipan), yeast extract, dextrose, peptone water, dan HCL 1 M.
- d. Menyiapkan pipet dan tip pipet 1000  $\mu$ Liter, alkohol 70%, dan tisu

### 2. Persiapan Media Pertumbuhan *Yeast Pepton Dextrose Broth (YPDB)*

- a. Menyiapkan yeast extract (4 g), dextrose (8 g), peptone water (8 gr), HCL 1 M (10 ml) dan aquadest (400 ml)
- b. Mencampurkan semua bahan ke dalam beacker glass sambil di stir hingga homogen.
- c. Memindahkan 30 ml YPDB ke dalam botol 100 ml sebanyak 14 buah.
- d. Memberikan tanda sampel pada botol. 4 sampel kontrol, 4 sampel 3000 Hz, dan 4 sampel 4000 Hz, 2 botol sebagai blanko kalibrasi.
- e. Menutup botol dengan kapas, dan diselimuti dengan kertas coklat.

- f. Sterilisasi media dengan otoklaf pada tekanan 1 atm dan suhu 121° selama 15 menit.
- g. Media siap digunakan.

### **3. Persiapan Media Starter**

- a. Menyiapkan erlenmeyer berukuran 250 ml.
- b. Mengisi erlenmeyer dengan aquades sebanyak 100 ml.
- c. Menutup erlenmeyer dengan kapas, dan menyelimuti dengan kertas coklat.
- d. Sterilisasi media dengan autoclave pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

### **4. Persiapan Starter *Saccharomyces cerevisiae***

- a. Menyiapkan api bunsen, alkohol 70%, tisu, fermipan, dan media starter yang sudah disterilkan.
- b. Memasukan fermipan ke dalam media pertumbuhan pada Erlenmeyer yang berisi 100 ml aquadest dengan kondisi aseptik sebagai starter awal pertumbuhan (inokulum).
- c. Shaker starter dengan frekuensi 25 rpm selama 12 jam.

### **5. Proses Perlakuan Paparan Audiosonik yang diinkubasi pada Inkubator dengan suhu 37°C**

- a. Inokulum (starter) yang telah dishaker selama 12 jam diinokulasikan ( $10^{-1}$ ) pada botol 100 ml yang berisi 30 ml YPDB steril, sebanyak 6 buah sampel pada masing masing media (YPDB), 2 sampel kontrol, 2 sampel 3000 Hz, dan 2 sampel 4000 Hz.

- b. Masing-masing sampel pada Media (YPDB) yang sudah diinokulasikan langsung diukur nilai optical density(OD) / kerapatan dengan menggunakan spektrofotometer sebagai nilai awal pertumbuhan sel/Jam ke-0.
- c. Setelah pengukuran, dilakukan paparan gelombang audisonik dalam bilik akustik yang berukuran (60 x 40 x 40) cm, yaitu 2 sampel dipaparkan gelombang dengan peak 3000 Hz, 2 sampel dipaparkan gelombang dengan peak 4000 Hz, dan 2 sampel tanpa paparan (kontrol) selama 5 jam berlangsung.

## **6. Proses Pengamatan Jumlah Sel**

- a. Setelah pemaparan gelombang selama 5 jam, sampel di inkubasi pada inkubator dengan suhu 37°C.
- b. Selang satu jam, setiap sampel diukur nilai OD nya sebagai nilai pertumbuhan pada jam ke-6.
- c. Melakukan pengulangan pengukuran OD setiap 6 jam sekali, selama 3 hari 3 malam.
- d. Membuat grafik pengaruh pola pertumbuhan antara yang diberi paparan 3000 Hz dengan tanpa diberi paparan, dan yang diberi paparan 4000 Hz dengan tanpa diberi paparan.

## **7. Proses Perlakuan Paparan Audiosonik yang dishaker pada Frekuensi 125 rpm**

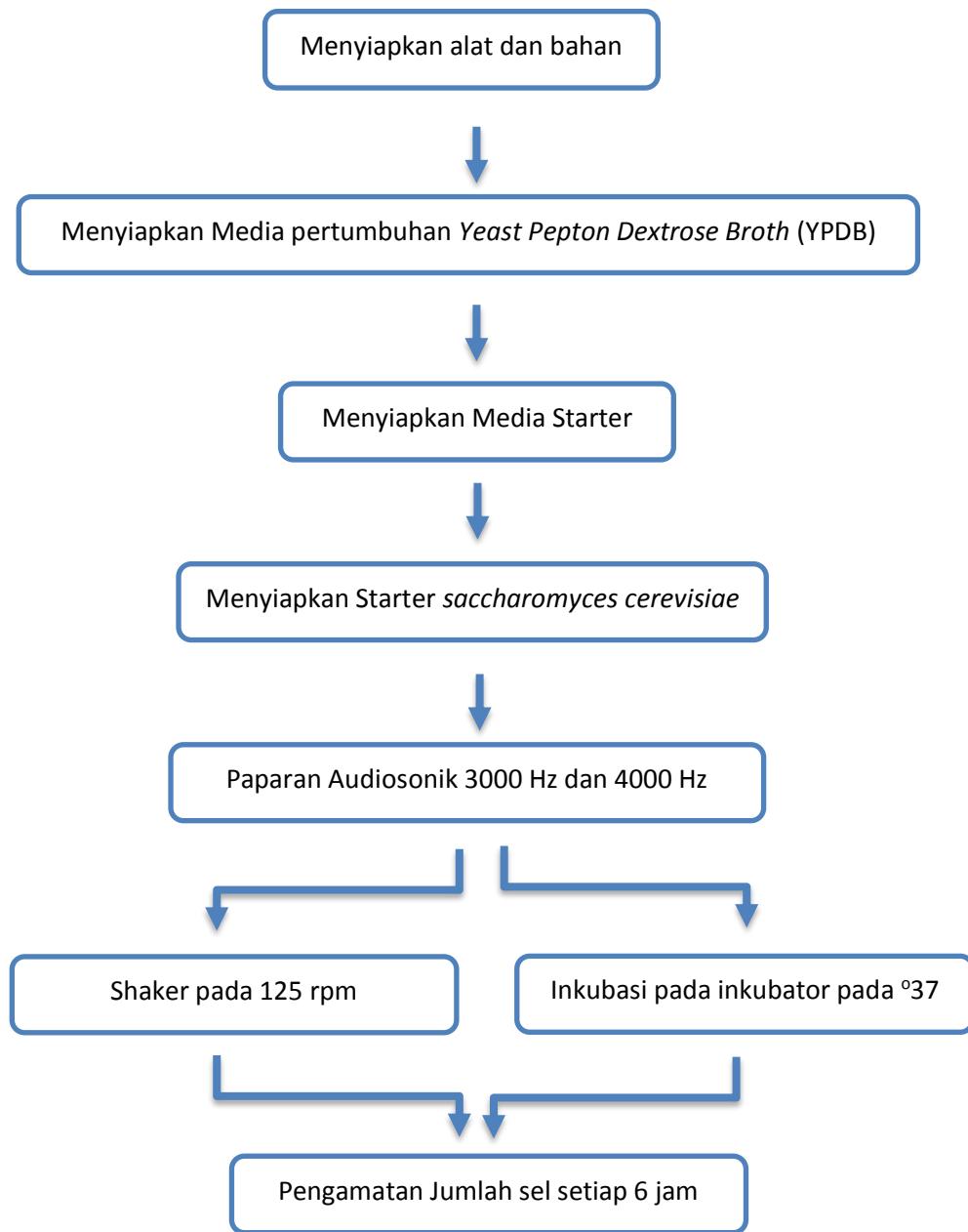
- a. Inokulum (starter) yang telah dishaker selama 12 jam diinokulasikan ( $10^{-1}$ ) pada botol 100 ml yang berisi 30 ml YPDB steril, sebanyak 6

- buah sampel pada masing masing media (YPDB), 2 sampel kontrol, 2 sampel 3000 Hz, dan 2 sampel 4000 Hz.
- b. Masing-masing sampel pada Media (YPDB) yang sudah diinokulasikan langsung diukur nilai optical density(OD) / kerapatan dengan menggunakan spektrofotometer sebagai nilai awal pertumbuhan sel/ Jam ke-0.
  - c. Setelah pengukuran, dilakukan paparan gelombang audisonik dalam bilik akustik yang berukuran (60 x 40 x 40) cm, yaitu 2 sampel dipaparkan gelombang dengan peak 3000 Hz, 2 sampel dipaparkan gelombang dengan peak 4000 Hz, dan 2 sampel tanpa paparan (kontrol) selama 5 jam berlangsung.

## **8. Proses Pengamatan Jumlah Sel**

- a. Setelah pemaparan gelombang selama 5 jam, sampel di shaker dengan frekuensi 125 rpm.
- b. Selang satu jam, setiap sampel diukur nilai OD nya sebagai nilai pertumbuhan pada jam ke-6.
- c. Melakukan pengulangan pengukuran OD setiap 6 jam sekali, selama 3 hari 3 malam.
- d. Membuat grafik pengaruh pola pertumbuhan antara yang diberi paparan 3000 Hz dengan tanpa diberi paparan, dan yang diberi paparan 4000 Hz dengan tanpa diberi paparan.

### G. Diagram Alir Penelitian



### H. Teknik Pengambilan dan Analisis Data

Pengambilan dilakukan dengan mengontrol waktu yang digunakan selama proses pemaparan yaitu selama 5 jam dalam sebuah bilik akustik

yang berukuran (60 x 40 x 40) cm dibungkus oleh busa telur disisi ruang bagian dalam. Proses pemaparan pertama dilakukan pada pukul 23.00. Merujuk terhadap penelitian Joanna Cho Lee Ying dkk terhadap pertumbuhan *E.Coli*, Poopathy Mutu Karippen dkk terhadap *Aspergilus sp*, yang melakukan pemaparan gelombang audiosonik selama 5 jam pada medium pertumbuhan cair mikroorganisme. Sehingga pada penelitian ini digunakan medium cair untuk pertumbuhan mikroorganismenya. Sampel uji dilakukan pengulangan duplo dan dilakukan dua perlakuan yang berbeda selama proses pertumbuhan mikroorganisme. Jumlah sel mikroorganisme di hitung dengan metode turbidimetri dengan alat spektrofotometer untuk mengetahui jumlah sel nya dan dicek setiap 6 jam sekali selama 3 hari, kemudian di lihat pola pertumbuhannya melalui grafik pertumbuhan mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ pada Microsoft Excel dan menjelaskannya secara deskriptif, untuk mengetahui pengaruh pola pertumbuhan antara sampel yang diberi paparan sinyal audiosonik pada peak frekuensi 3000 Hz, 4000 Hz dengan sampel yang tidak diberi paparan (kontrol).

Angka pertumbuhan mikroorganisme dinyatakan dengan alat spektrofotometer dalam bentuk kekeruhan yang terformulasi dari persamaan Hukum Lambert Beer. Pertumbuhan sel dalam suatu medium cair akan meningkat kekeruhan media-nya, yang akan mempengaruhi jumlah sinar yang dapat ditransmisikan menembus medium.

$$A = \varepsilon b c$$

Dimana nilai A = Absorbansi,  $\epsilon$  = epsilon atau absorptivitas molar ( $M^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), b=lebar celah, dan c=Konsentrasi(M). berdasarkan Hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan :

$$T = \frac{I_t}{I_o} \text{ atau } \%T = \frac{I_t}{I_o} \times 100\%$$

Dan absorbansi dinyatakan dengan rumus :

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_o}$$

Dimana  $I_o$  merupakan intensitas cahaya datang dan  $I_t$  adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Sedangkan nilai absorbansi  $OD_{600\text{nm}}$  bernilai 1 sebanding dengan  $10^7$  sel/ml.



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Getaran dan Gelombang FMIPA UNY, laboratorium mikrobiologi UNY, Lobi Laboratorium FMIPA UNY. Penelitian di laboratorium getaran gelombang, dan lobi laboratorium bertujuan untuk melakukan proses paparan gelombang audiosonik terhadap mikroorganisme. Perlakuan pertama yaitu dinkubasi pada inkubator dengan suhu tetap 37 °C, dan perlakuan kedua yaitu dilakukan proses shaker dengan frekuensi 125 rpm. Manfaat shaker pada proses pertumbuhan yaitu memudahkan proses aerasi (udara) selama pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, karena mengingat mikroorganisme ini termasuk mikroorganisme aerob yaitu membutuhkan udara selama proses pertumbuhannya.

Variable terikat pada penelitian ini yaitu jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap waktu pertumbuhan akibat paparan sinyal gelombang audiosonik. Pada proses pelaksanaannya inokulum (kultur awal mikroba) yang sudah diinokulasikan (peremajaan ke medium pertumbuhan baru) dihitung jumlah selnya dahulu dengan alat spektrofotometer (disebut jam ke-0), kemudian dilakukan paparan gelombang audiosonik selama 5 jam. Setelah pemaparan, sampel diletakan di tempat yang sudah ditetapkan yaitu tempat perlakuan. Selang satu jam (jam ke-6) diukur kembali jumlah sel mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Dan dilakukan terus menerus selang 6 jam sekali selama kurang lebih 3 hari (sampai jumlah sel menurun yang artinya sel mulai mengalami fase kematian).

Pembuatan inokulum *Saccharomyces cerevisiae* menggunakan fermipan dengan melarutkan 11 gr fermipan ke dalam 100 ml aquades steril (dianggap pengenceran  $10^{-1}$ ) dan dihomogenkan. Setelah homogen maka inokulum di inokulasikan ke dalam 30 ml medium YPDB (*Yeast Extract Dextrose Broth*) steril sebanyak 1 ml. Dilakukan pengujian duplo pada setiap sampel. Sampel kontrol sebanyak 2 buah, sampel 3000 Hz sebanyak 2 buah, sampel 4000 Hz sebanyak 2 buah, dan masing masing sampel diberi dua perlakuan berbeda, yaitu dishaker pada frekuensi 125 rpm pada suhu kamar dan diinkubasi pada suhu 37 °C.

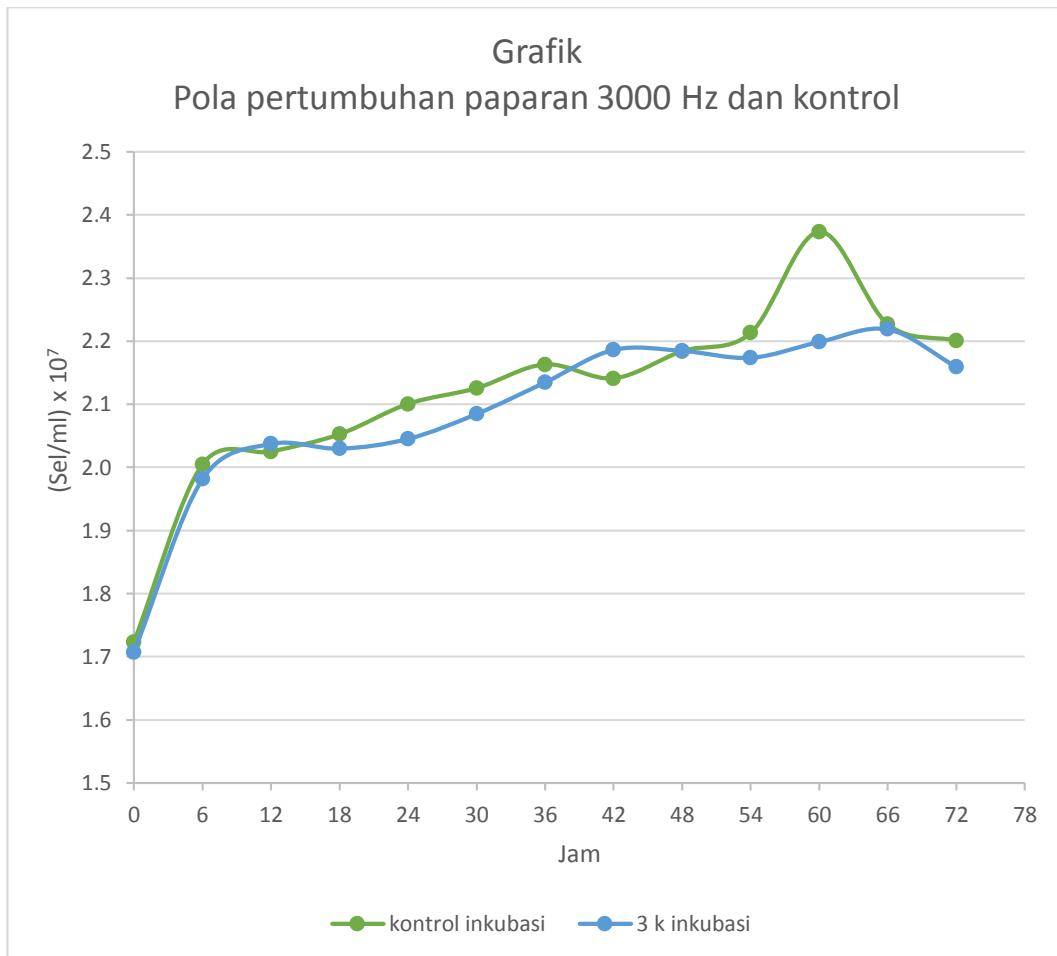
**A. Pengaruh Audiosonik  $f = 3000$  Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ dengan perlakuan Inkubasi**

**1. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan  $f = 3000$  Hz – Kontrol**

Tabel 4.1 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan  $f = 3000$  Hz dan tidak

Jam	Jumlah sel (sel/ml)	
	Kontrol	3000 Hz
0	$1.7230 \times 10^7$	$1.7075 \times 10^7$
6	$2.0045 \times 10^7$	$1.9815 \times 10^7$
12	$2.0250 \times 10^7$	$2.0375 \times 10^7$
18	$2.0525 \times 10^7$	$2.0300 \times 10^7$
24	$2.1005 \times 10^7$	$2.0455 \times 10^7$
30	$2.1255 \times 10^7$	$2.0850 \times 10^7$
36	$2.1630 \times 10^7$	$2.1350 \times 10^7$
42	$2.1410 \times 10^7$	$2.1865 \times 10^7$
48	$2.1840 \times 10^7$	$2.1850 \times 10^7$
54	$2.2130 \times 10^7$	$2.1740 \times 10^7$
60	$2.3730 \times 10^7$	$2.1990 \times 10^7$
66	$2.2265 \times 10^7$	$2.2190 \times 10^7$

72	$2.2005 \times 10^7$	$2.1595 \times 10^7$
----	----------------------	----------------------



**Gambar 4.1** Grafik kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi

Tabel 4.1 dan Grafik 4.1 menunjukkan hubungan antara waktu dan jumlah sel berdasarkan absorbansinya dari pengukuran alat spektrofotometer. Dari grafik 4.1 menunjukkan bahwa pola pertumbuhan pada paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan/kontrol cenderung tidak ada perubahan. Pada jam ke-0 sampai ke-54 jumlah sel cenderung fluktuatif. Hal ini secara umum disebabkan oleh kurang homogennya

suspensi sehingga pengukuran bernilai fluktuatif. Pada jam ke-60 jumlah sel pada kontrol meningkat drastis dibanding 3000 Hz, dan menurun jumlah sel-nya pada jam selanjutnya. Namun setelah hari ketiga, pertumbuhan tidak menunjukkan pola pada fase kematian sel. Yang pada umumnya kematian sel dimulai pada hari ke tiga pertumbuhan. Penurunan jumlah sel pada fase kematian bergantung dari jenis medium pertumbuhan dan jumlah sel dalam volume medium. Juga disebabkan habisnya nutrisi pada media pertumbuhan.

Berdasarkan kusmiati dkk “kenaikan dan penurunan pertumbuhan sel terjadi karena kultur kurang homogen saat pengambilan sampel dan menyebabkan grafik tampak fluktuatif” (Jurnal Natur Indonesia, 2010:143). Pada pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada penelitian ini yaitu tidak dijumpai fase lag, yaitu fase yang dimana tidak terjadi pertumbuhan pada media tumbuh mikroba. Dan langsung memulai fase log (eksponensial) yaitu terjadi pertumbuhan mikroba. “Apabila sel dipindahkan dari media yang mempunyai konsentrasi nutrien tinggi ke konsentrasi nutrient rendah, biasanya tidak melalui fase lag. Parameter lain yang mempengaruhi waktu fase lag adalah ukuran inokulum. Apabila sel dengan ukuran kecil ditumbuhkan dalam media yang volumenya besar, sel akan mengalami fase lag yang lama” (Lee,1992).

Pada penelitian ini, inokulum *Saccharomyces cerevisiae* dengan medium aquadesh steril di inokulasikan ke dalam medium cair YPDB, hal tersebut tidak bisa menjadi tolak ukur karena tentu medium YPDB lebih

tinggi konsentrasi nutriennya, disisi lain jumlah sel yang diinokulasikan sebanyak 1 ml dengan kondisi pengenceran  $10^{-1}$  ke dalam 30 ml YPDB cair. Tingkat pengenceran  $10^{-1}$  masih mengandung cukup banyak mikroorganisme, sehingga hal tersebut yang membuat tidak mengalaminya fase lag pada awal proses pertumbuhan. Sehingga berpindahnya medium tanpa zat hara (aquadesh) ini ke medium YPDB tidak menghambat adaptasi mikroba. Dan ditunjukan oleh jumlah sel yang tidak mengalami lag (tidak ada pertumbuhan). Hari kedua pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase log yang mulai meningkat dan mendekati fase stasioner yaitu kestabilan mikroba yang cukup fluktuatif.

Hari ketiga mikroba masuk ke dalam fase kematian. Namun pada perlakuan inkubasi yang ditunjukan, pertumbuhan mikroorganisme tidak mengalami fase kematian pada hari ke tiga. Tidak terjadi kematian disebabkan dari beberapa faktor, salah satunya yaitu tanpa adanya aerasi yang baik pertumbuhan mikroorganisme menjadi lambat, lambatnya pertumbuhan yang membuat nutrisi di dalam medium masih berlimpah sehingga sel masih dapat memperpanjang umurnya unutk hidup. Pada sampel kontrol jam ke 60 terjadi lonjakan yang drastis dan kembali normal pada jam berikutnya. Melonjaknya jumlah sel pada sampel kontrol dan pada jam berikutnya menurun yaitu disebabkan kurang homogennya kultur sehingga hal tersebut masih dikategorikan sebagai data yang fluktuatif. Hal ini memberikan hipotesa sementara bahwasanya pertumbuhan mikroorganisme tidak lebih efektif jika diperlakukan diam di dalam

inkubator sehingga proses aerasi tidak berjalan dengan baik. Pertumbuhan didalam inkubator dapat memperlambat tingkat kematian sel dalam hal lain tingkat pertumbuhan sel menjadi lambat akibat tidak stabilnya aerasi pada proses pertumbuhan.

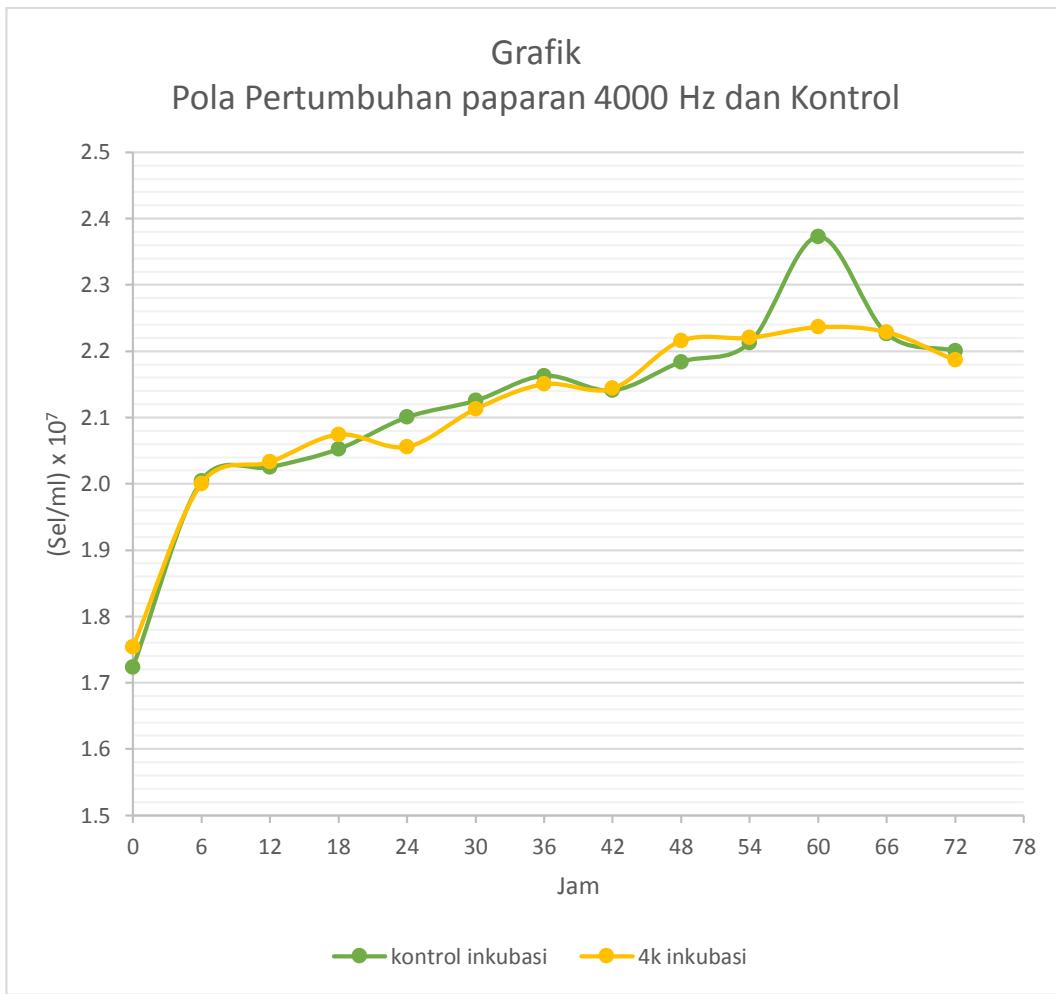
Berdasarkan grafik pola pertumbuhan paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan menyimpulkan bahwasanya peak frekuensi 3000 Hz tidak mempengaruhi pola pertumbuhan mikroorganisme yang diperlakukan dengan proses inkubasi pada inkubator pada suhu 37°C.

**B. Pengaruh Audiosonik  $f = 4000$  Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ dengan perlakuan Inkubasi**

**1. Data Hasil Rata-rata pengukuran jumlah sel Paparan 4000 Hz – Kontrol**

Tabel 4.2 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 4000 Hz dan tidak

Jam	Jumlah sel (sel/ml)	
	Kontrol	4000 Hz
0	$1.7230 \times 10^7$	$1.7540 \times 10^7$
6	$2.0045 \times 10^7$	$2.0005 \times 10^7$
12	$2.0250 \times 10^7$	$2.0330 \times 10^7$
18	$2.0525 \times 10^7$	$2.0745 \times 10^7$
24	$2.1005 \times 10^7$	$2.0560 \times 10^7$
30	$2.1255 \times 10^7$	$2.1130 \times 10^7$
36	$2.1630 \times 10^7$	$2.1505 \times 10^7$
42	$2.1410 \times 10^7$	$2.1440 \times 10^7$
48	$2.1840 \times 10^7$	$2.2160 \times 10^7$
54	$2.2130 \times 10^7$	$2.2205 \times 10^7$
60	$2.3730 \times 10^7$	$2.2365 \times 10^7$
66	$2.2265 \times 10^7$	$2.2290 \times 10^7$
72	$2.2005 \times 10^7$	$2.1865 \times 10^7$



**Gambar 4.2** Grafik kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses inkubasi

Tabel 4.2 dan Grafik 4.2 menunjukkan hubungan antara waktu dan jumlah sel berdasarkan absorbansinya dari pengukuran alat spektrofotometer. Dari grafik 4.2 menunjukkan bahwa pola pertumbuhan pada paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan/kontrol cenderung tidak ada perubahan. Pada jam ke-0 sampai ke-54 jumlah sel cenderung fluktuatif. Hal ini secara umum disebabkan oleh kurang homogennya suspensi sehingga pengukuran bernilai fluktuatif. Pada jam ke-60 jumlah sel

pada kontrol meningkat drastis dibanding 4000 Hz, dan menurun jumlah sel-nya pada jam selanjutnya. Namun setelah hari ketiga, pertumbuhan tidak menunjukkan pola pada fase kematian sel. Yang pada umumnya kematian sel dimulai pada hari ke tiga pertumbuhan. Penurunan jumlah sel pada fase kematian bergantung dari jenis medium pertumbuhan dan jumlah sel dalam volume medium.

Pada penelitian ini, inokulum *Saccharomyces cerevisiae* dengan medium aquades steril di inokulasikan ke dalam medium cair YPDB, hal tersebut tidak bisa menjadi tolak ukur karena tentu medium YPDB lebih tinggi konsentrasi nutriennya, disisi lain jumlah sel yang diinokulasikan sebanyak 1 ml dengan kondisi pengenceran  $10^{-1}$  ke dalam 30 ml YPDB cair. Tingkat pengenceran  $10^{-1}$  masih mengandung cukup banyak mikroorganisme, sehingga hal tersebut yang membuat tidak mengalaminya fase lag pada awal proses pertumbuhan. Sehingga berpindahnya medium tanpa zat hara (*aquades*) ini ke medium YPDB tidak menghambat adaptasi mikroba. Dan ditunjukan oleh jumlah sel yang tidak mengalami lag (tidak ada pertumbuhan). Hari kedua pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase log yang mulai meningkat dan mendekati fase stasioner yaitu kestabilan mikroba yang cukup fluktuatif.

Hari ketiga mikroba masuk ke dalam fase kematian. Namun pada perlakuan inkubasi yang ditunjukan, pertumbuhan mikroorganisme tidak mengalami fase kematian pada hari ke tiga. Tidak terjadi kematian disebabkan dari beberapa faktor, salah satunya yaitu tanpa adanya aerasi

yang baik pertumbuhan mikroorganisme menjadi lambat, lambatnya pertumbuhan yang membuat nutrisi di dalam medium masih berlimpah sehingga sel masih dapat memperpanjang umurnya untuk hidup. Pada sampel kontrol jam ke 60 terjadi lonjakan yang drastis dan kembali normal pada jam berikutnya. Melonjaknya jumlah sel pada sampel kontrol dan pada jam berikutnya menurun yaitu disebabkan kurang homogennya kultur sehingga hal tersebut masih dikategorikan sebagai data yang fluktuatif. Hal ini memberikan hipotesa sementara bahwasanya pertumbuhan mikroorganisme tidak lebih efektif jika diperlakukan diam di dalam inkubator sehingga proses aerasi tidak berjalan dengan baik. Pertumbuhan didalam inkubator dapat memperlambat tingkat kematian sel dalam hal lain tingkat pertumbuhan sel menjadi lambat akibat tidak stabilnya aerasi pada proses pertumbuhan.

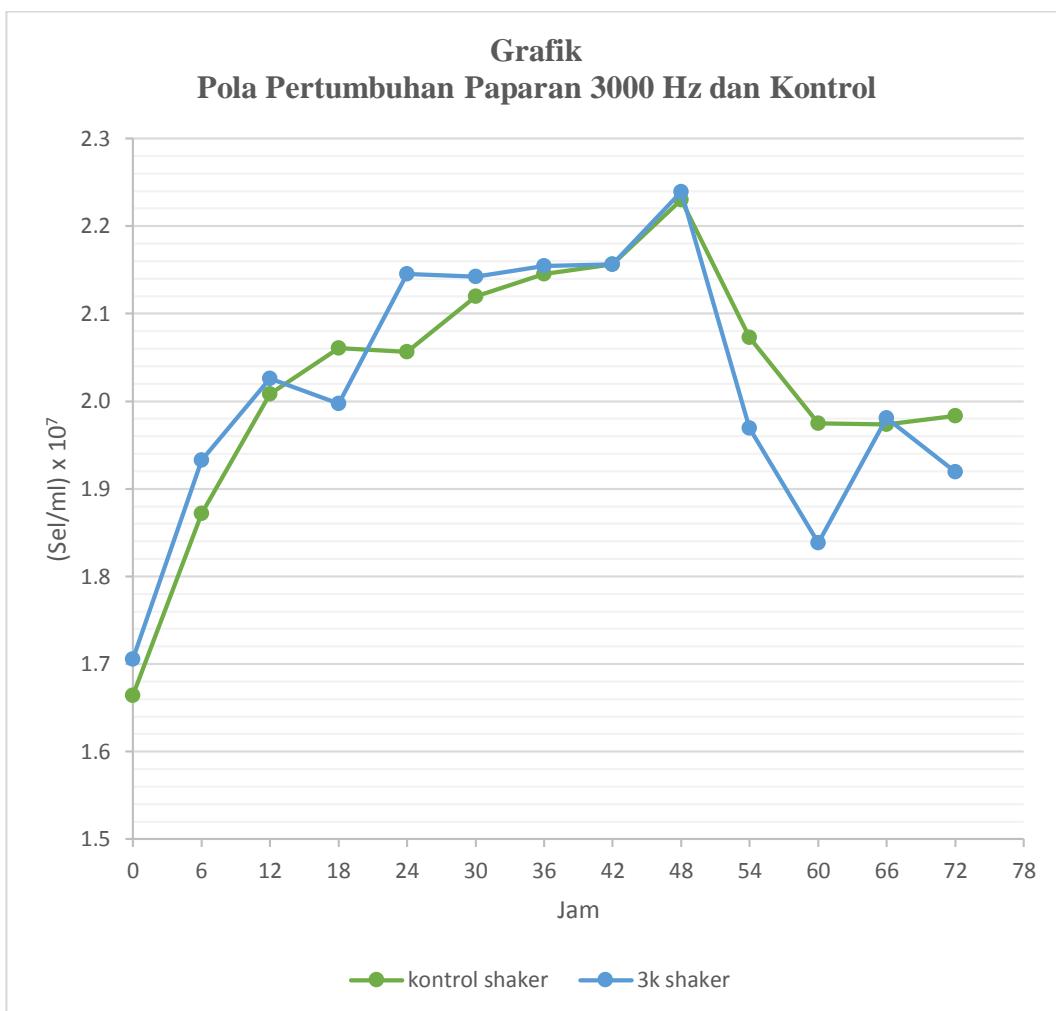
Berdasarkan grafik pola pertumbuhan paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan menyimpulkan bahwasanya peak frekuensi 4000 Hz tidak mempengaruhi pola pertumbuhan mikroorganisme yang diperlakukan dengan proses inkubasi pada inkubator pada suhu 37°C.

### **C. Pengaruh Audiosonik $f = 3000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ dengan perlakuan Shaker**

#### **1. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan 3000 Hz – Kontrol**

Tabel 4.3 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 3000 Hz dan tidak

<b>Jam</b>	<b>Jumlah sel (sel/ml)</b>	
	<b>Kontrol</b>	<b>3000 Hz</b>
0	$1.6640 \times 10^7$	$1.7055 \times 10^7$
6	$1.8715 \times 10^7$	$1.9325 \times 10^7$
12	$2.0080 \times 10^7$	$2.0260 \times 10^7$
18	$2.0605 \times 10^7$	$1.9975 \times 10^7$
24	$2.0565 \times 10^7$	$2.1450 \times 10^7$
30	$2.1200 \times 10^7$	$2.1420 \times 10^7$
36	$2.1455 \times 10^7$	$2.1545 \times 10^7$
42	$2.1565 \times 10^7$	$2.1565 \times 10^7$
48	$2.2300 \times 10^7$	$2.2390 \times 10^7$
54	$2.0725 \times 10^7$	$1.9695 \times 10^7$
60	$1.9745 \times 10^7$	$1.8385 \times 10^7$
66	$1.9735 \times 10^7$	$1.9810 \times 10^7$
72	$1.9830 \times 10^7$	$1.9190 \times 10^7$



**Gambar 4.3** Grafik Kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 3000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker

Tabel 4.3 dan Grafik 4.3 menunjukkan hubungan antara waktu dan jumlah sel berdasarkan absorbansinya dari pengukuran alat spektrofotometer. Dari grafik 4.3 menunjukkan bahwa pola pertumbuhan pada paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan/kontrol cenderung lebih tinggi jumlah selnya pada jam ke-0 sampai ke-12, dan mengalami stasioner sampai jam ke-48. Pada jam ke-54 sudah terlihat fase kematian mikroorganisme dimana sampel dengan paparan 3000 Hz cenderung

mengalami fase kematian lebih banyak dibandingkan sampel kontrol, sesuai pola pertumbuhan mikroorganisme pada umumnya.

Pada penelitian ini, inoculum *Saccharomyces cerevisiae* dengan medium aquadesh steril di inoculasikan ke dalam medium cair YPDB, hal tersebut tidak bisa menjadi tolak ukur karena tentu medium YPDB lebih tinggi konsentrasi nutriennya, disisi lain jumlah sel yang diinoculasikan sebanyak 1 ml dengan kondisi pengenceran  $10^{-1}$  ke dalam 30 ml YPDB cair. Tingkat pengenceran  $10^{-1}$  masih mengandung cukup banyak mikroorganisme, sehingga hal inilah yang membuat tidak mengalaminya fase lag pada awal proses pertumbuhan. Sehingga berpindahnya medium tanpa zat hara (*aquadesh*) ini ke medium YPDB tidak menghambat adaptasi mikroba. Dan ditunjukkan oleh jumlah sel yang tidak mengalami lag (tidak ada pertumbuhan).

Hari pertama pertumbuhan mikroorganisme tidak mengalami fase lag namun langsung mengalami fase log dan hari kedua pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase log yang mulai meningkat dan mendekati fase stasioner yaitu kestabilan mikroba yang cukup fluktuatif.

Hari ketiga mikroba masuk ke dalam fase kematian. Pada perlakuan shaker yang ditunjukan berdasarkan grafik 4.3, pola pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase kematian pada jam ke-48 tepat memasuki hari ketiga.

Pola pertumbuhan dengan perlakuan shaker yang dipaparkan dan tidak diberi paparan yang ditunjukan oleh grafik memberikan hipotesa sementara, yaitu pada perlakuan shaker proses aerasi sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (mengingat *Saccharomyces cerevisiae* termasuk mikroba aerob).

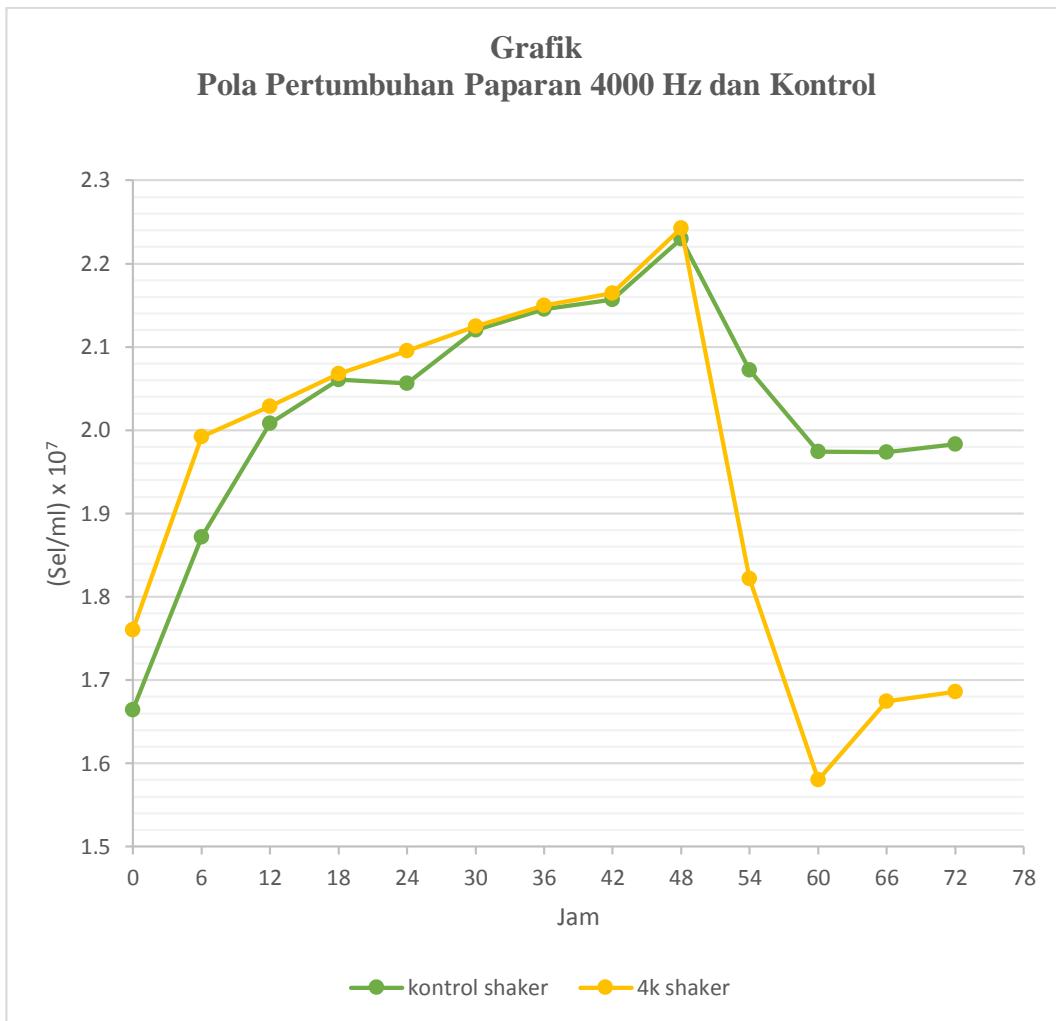
Berdasarkan grafik pola pertumbuhan paparan 3000 Hz dan yang tidak diberi paparan menyimpulkan bahwasanya, peak frekuensi 3000 Hz mempengaruhi pola pertumbuhan mikroorganisme yang diperlakukan dengan proses di shaker pada frekuensi 125 rpm.

#### **D. Pengaruh Audiosonik $f = 4000$ Hz terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme ‘*Saccharomyces cerevisiae*’ dengan perlakuan Shaker**

##### **1. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Jumlah Sel Paparan 4000 Hz – Kontrol**

Tabel 4.4 Hasil rata-rata jumlah sel akibat paparan 4000 Hz dan tidak

Jam	Jumlah sel (sel/ml)	
	Kontrol	4000 Hz
0	$1.6640 \times 10^7$	$1.7600 \times 10^7$
6	$1.8715 \times 10^7$	$1.9920 \times 10^7$
12	$2.0080 \times 10^7$	$2.0290 \times 10^7$
18	$2.0605 \times 10^7$	$2.0675 \times 10^7$
24	$2.0565 \times 10^7$	$2.0955 \times 10^7$
30	$2.1200 \times 10^7$	$2.1250 \times 10^7$
36	$2.1455 \times 10^7$	$2.1495 \times 10^7$
42	$2.1565 \times 10^7$	$2.1645 \times 10^7$
48	$2.2300 \times 10^7$	$2.2425 \times 10^7$
54	$2.0725 \times 10^7$	$1.8220 \times 10^7$
60	$1.9745 \times 10^7$	$1.5800 \times 10^7$
66	$1.9735 \times 10^7$	$1.6745 \times 10^7$
72	$1.9830 \times 10^7$	$1.6860 \times 10^7$



**Gambar 4.4** Grafik Kurva pola pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada paparan 4000 Hz dan tidak diberi paparan selama proses shaker

Tabel 4.4 dan Grafik 4.4 menunjukkan hubungan antara waktu dan jumlah sel berdasarkan absorbansinya dari pengukuran alat spektrofotometer. Dari grafik 4.4 menunjukkan bahwa pola pertumbuhan pada paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan/kontrol cenderung lebih tinggi jumlah selnya pada jam ke-0 sampai ke-12, dan mengalami stasioner sampai jam ke-48. Pada jam ke-54 sudah terlihat fase kematian

mikroorganisme dimana sampel dengan paparan 4000 Hz cenderung mengalami fase kematian lebih banyak dibandingkan sampel control, sesuai pola pertumbuhan mikroorganisme pada umumnya.

Pada penelitian ini, inokulum *Saccharomyces cerevisiae* dengan medium aquades steril di inokulasikan ke dalam medium cair YPDB, hal tersebut tidak bisa menjadi tolak ukur karena tentu medium YPDB lebih tinggi konsentrasi nutriennya, disisi lain jumlah sel yang diinokulasikan sebanyak 1 ml dengan kondisi pengenceran  $10^{-1}$  ke dalam 30 ml YPDB cair. Tingkat pengenceran  $10^{-1}$  masih mengandung cukup banyak mikroorganisme, sehingga hal inilah yang membuat tidak mengalaminya fase lag pada awal proses pertumbuhan. Sehingga berpindahnya medium tanpa zat hara (*aquades*) ini ke medium YPDB tidak menghambat adaptasi mikroba. Dan ditunjukan oleh jumlah sel yang tidak mengalami lag (tidak ada pertumbuhan).

Hari pertama pertumbuhan mikroorganisme tidak mengalami fase lag namun langsung mengalami fase log dan hari kedua pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase log yang mulai meningkat dan mendekati fase stasioner yaitu kestabilan mikroba yang cukup fluktuatif.

Hari ketiga mikroba masuk ke dalam fase kematian. Pada perlakuan shaker yang ditunjukan berdasarkan grafik 4.4, pola pertumbuhan mikroorganisme mengalami fase kematian pada jam ke-48 tepat memasuki hari ketiga.

Pola pertumbuhan dengan perlakuan shaker yang dipaparkan dan tidak diberi paparan yang ditunjukan oleh grafik memberikan hipotesa sementara, yaitu pada perlakuan shaker proses aerasi sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (mengingat *Saccharomyces cerevisiae* termasuk mikroba aerob).

Berdasarkan grafik pola pertumbuhan paparan 4000 Hz dan yang tidak diberi paparan menyimpulkan bahwasanya peak frekuensi 4000 Hz mempengaruhi pola pertumbuhan mikroorganisme yang diperlakukan dengan proses di shaker pada frekuensi 125 rpm.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Tidak ada pengaruh pola pertumbuhan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap paparan audiosonik pada peak 3000 Hz yang diberi perlakuan inkubasi dalam inkubator pada suhu 37 °C.
2. Tidak ada pengaruh pola pertumbuhan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap paparan audiosonik pada peak 4000 Hz yang diberi perlakuan inkubasi dalam inkubator pada suhu 37 °C.
3. Ada pengaruh pola pertumbuhan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap paparan audiosonik pada peak 3000 Hz yang diberi perlakuan shaker dengan frekuensi 125 rpm.
4. Ada pengaruh pola pertumbuhan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terhadap paparan audiosonik pada peak 4000 Hz yang diberi perlakuan shaker dengan frekuensi 125 rpm.

#### **B. Saran**

Penelitian ini masih banyak batasannya, sehingga terdapat banyak kekurangan. Untuk menyempurnakan sebuah literasi tentang *Saccharomyces cerevisiae* sehingga dapat bermanfaat di dunia bioteknologi, maka penulis memberi saran sebagai berikut :

1. Diharapkan menggunakan mikroba dengan isolate murni, dan dilakukan pengukuran pola pertumbuhan dengan 3 metode yang berbeda dalam 2

jenis sampel pertumbuhan, yaitu pertumbuhan pada zat padat agar dan zat cair dengan 2 perlakuan di setiap metode.

2. Diharapkan peneliti selanjutnya, menggunakan AFG yang lebih modern dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barnett. J.A, 1990, Characteristic and identification yeast, New York : Cambridge University Press
- Dia Aryulina dkk, 2004, Biologi 2 SMA dan MA untuk Kelas XI, Pamekasan : Erlangga
- Edi Suharmanto dan Fredy Kurniawan, 2013, Adaptif Probe Serat Optik untuk Spektrofotometer Genesys 10s Uv-Vis Generasi Kedua, Surabaya, Jurnal
- Elrod S. dan Stansfield W. , 2006, Schaum's Outline Genetika Edisi Keempat ; Erlangga
- Farra, Amalia. (2013). *Teknologi Fermentasi Untuk Meningkatkan Kualitas Biji Tanaman Kakao Indonesia.* [http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptp\\_surabaya/berita-147-teknologi-fermentasi-untuk-meningkatkan-kualitas-biji-tanaman-kakao-indonesia-.html](http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptp_surabaya/berita-147-teknologi-fermentasi-untuk-meningkatkan-kualitas-biji-tanaman-kakao-indonesia-.html) diakses 18 Januari 2019.
- Dhita Agustining, (2012), Daya Hambat *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Pertumbuhan Jamur Fusarium Oxysporum, Skripsi, Universitas Jember
- Fried G.H. dan Hademenos G.J, 2006, Schaum's Outlines Biologi Edisi Kedua ; Erlangga
- James M, Lee., (1992), “Biochemical Engineering” , Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, hal. 42-48
- Juanita Riris. ( 2015 ). *Permentan Bertujuan Meningkatkan Mutu Kakao Indonesia.* [beritadaerah.co.id/2015/08/15/permentan-bertujuan-meningkatkan-mutu-kakao-indonesia/](http://beritadaerah.co.id/2015/08/15/permentan-bertujuan-meningkatkan-mutu-kakao-indonesia/) diakses 18 Januari 2019.
- Karippen, P.M, 2009, Experimental Investigation on the Effects of Audible Sound to the Growth of Aspergillus Spp, Kinabalu.Malaysia : Modern Applied Science Vol.3,No.4
- Khairunnisa Ariqah, 2016, Pengaruh Interferensi ion cadmium (cd2+) terhadap biosorpsi ion timbal (pb2+) oleh sel ragi *Saccharomyces cerevisiae* pada variasi waktu kontak dan ph media, Yogyakarta : Skripsi

Kusmiati dkk, 2010, Efek Sumber Karbon Berbeda terhadap Produksi a-Glukan oleh *Saccharomyces cerevisiae* pada Fermentor Air Lift, Bogor : Jurnal Natur Indonesia 13(2)

Kustyawati Maria Erna dan Setyani Sri. ( 2008 ). *Pengaruh Penambahan Inokulum Campuran Terhadap Perubahan Kimia dan Mikrobiologi Selama Fermentasi Coklat.* Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian Volume 13, No. 2.

Lee, Ying.J.C dkk, 2009, Experimental investigation on the Effects of Audible Sound to the Growth of Escherichia coli, Kinabalu.Malaysia, Modern Applied Science Vol.3, No.3

Mahreny dan Sri suhenry, 2011, Kinetika pertumbuhan Sel *Saccharomyces cerevisiae* dalam Media Tepung Kulit Pisang, Yogyakarta ; Seminar Rekayasa Kimia dan Proses.

Marshal . ( 2011 ). *Pengaruh Waktu Pajanan Frekuensi Suara Dalam Rentang Audiosonik Terhadap Viabilitas Staphylococcus aureus* [Skripsi ]. Jakarta : Program Strata 1 , Universitas Indonesia.

Maulana Adi Ginanjar, (2015). *Kualitas Kakao Indonesia Masih Rendah.* <http://Bandung.Bisnis.com/m/read/2015/0106/34231/524431/kualitas-kakao-indonesia-masih-Rendah> diakses 18 Januari 2019

Muhtarom Iqbal . (2010) . *Kakao Fermentasi Lebih Untungkan Petani.* bisnis. [Tempo.co/read/news/2010/04/13/0892\\_40125/kakao\\_fermentasi\\_lebih-untungkan-petani](http://Tempo.co/read/news/2010/04/13/0892_40125/kakao_fermentasi_lebih-untungkan-petani) diakses 18 Januari 2019.

Mulja H. Muhammad. dan Suharman, 1995, Interfacing a serat optic probe to adiode array UV-visible spektrophotometer for drug dissolution tests. Appl, spectroscopy, Weinheim. Jerman. 615-618

Mutiara T. dkk . 2006, *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMK dan MA kelas X*, Jakarta: Erlangga

Nester, E.W., Anderson, D.G., Roberts, C.E.Jr.,Pearsall, N.M., Nester, M.T. 2001. Microbiology A Human Perspective. New York : Mc Graw Hill Companies Inc.

Nur Hidayat dkk, 2016, Mikologi Industry, Malang, UB Press

Rachmawati Anna dkk, 2017, Petunjuk Praktikum Mikrobiologi (edisi revisi), Yogyakarta.

Rahardjo A. G., Pamudji. 1987. *Pengaruh Penambahan Ragi pada Fermentasi Kakao Theobroma Cacao L. terhadap Mutu Biji Keringnya*. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

Rosalina. (2013). *Hanya 60% Produksi Kakao Nasional Layak Eksport*. <http://bisnis.tempo.co/read/news/2013/03/12/090466646/hanya-60-persen-produksi-kakao-nasional-layak-ekspor> diakses 18 Januari 2019.

Sarway. R,A and Jewett Jr.J,W, 2011, Fisika untuk sains dan Teknik edisi 6, Jakarta : Salemba Teknik

Satriyo Krido Wahono., Ema Damayanti., Vita Taufika Rosyida., Evi Irina Sadyastuti. (2011). Laju Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada Proses Pembentukan Bioetanol dari Biji Sorgum (*Sorghum bicolor L.*) Seminar. Rekayasa Kimia dan Proses. Semarang: Universitas Diponegoro.

Setiowati T. dan Furqonita D . 2007 , *Biologi Interaktif Jilid I untuk SMA/MA* , Jakarta: Azka press

Tipler. P,A, 1998, Fisika Untuk Sains dan Teknik, Jakarta : Erlangga

W, Lay. Bibiana, 1994, Analisis Mikroba di Laboratorium, Jakarta : Rajab Grafindo Persada

Widyotomo Sukrisno dan Mulato Sri. ( 2008 ). Teknologi Fermentasi Dan Disversifikasi Pulpa Kakao Menjadi Produk Yang Bermutu Dan Bernilai Tambah. Penelitian Kopi dan Kakao 24(1). Hlm 65-82.

Young & Freedman, 2001, Fisika Universitas JL.2/10, jakarta, Erlangga



## LAMPIRAN

### A. Lampiran 1. Data Hasil Pertumbuhan Mikroorganisme

*“Saccharomyces cerevisiae”*

Waktu	Jenis	Inkubasi 37°C	Shaker 125 rpm	Rata Inkubasi	Rata Shaker
Jam ke 0	<b>Kontrol</b>	1.744	1.581	1.7235	1.664
		1.703	1.747		
	<b>3 kHz</b>	1.684	1.677	1.7075	1.7055
		1.731	1.734		
	<b>4kHz</b>	1.728	1.741	1.754	1.76
		1.780	1.779		
	<b>Kontrol</b>	2.017	1.790	2.0045	1.8715
		1.992	1.953		
Jam ke 6	<b>3 kHz</b>	1.996	1.899	1.9815	1.9325
		1.967	1.966		
	<b>4kHz</b>	2.015	2.018	2.0005	1.992
		1.986	1.966		
	<b>Kontrol</b>	2.027	1.965	2.025	2.008
		2.023	2.051		
Jam ke 12	<b>3 kHz</b>	2.033	2.020	2.0375	2.026
		2.042	2.032		
	<b>4kHz</b>	2.016	2.025	2.033	2.029
		2.050	2.033		
	<b>Kontrol</b>	2.029	2.020	2.0525	2.0605
		2.076	2.101		
Jam ke 18	<b>3 kHz</b>	2.046	2.075	2.03	1.9975
		2.014	1.920		
	<b>4kHz</b>	2.096	2.068	2.0745	2.0675
		2.053	2.067		
<b>Jam ke 24</b>	<b>Kontrol</b>	2.079	2.012	2.1005	2.0565

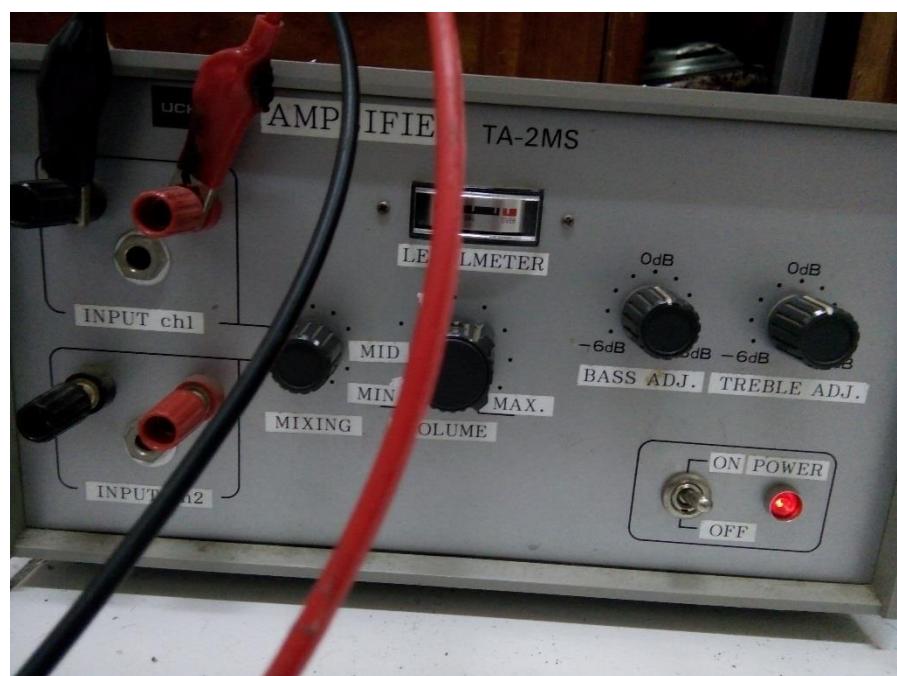
		2.122	2.101		
<b>Jam 30</b>	<b>3 kHz</b>	2.030	2.184	2.0455	2.145
		2.061	2.106		
	<b>4kHz</b>	2.069	2.097	2.056	2.0955
		2.043	2.094		
<b>Jam ke 36</b>	<b>Kontrol</b>	2.143	2.099	2.1255	2.12
		2.108	2.141		
	<b>3 kHz</b>	2.088	2.139	2.085	2.142
		2.082	2.145		
	<b>4kHz</b>	2.112	2.143	2.113	2.125
		2.114	2.107		
<b>Jam ke 42</b>	<b>Kontrol</b>	2.147	2.117	2.163	2.1455
		2.179	2.174		
	<b>3 kHz</b>	2.112	2.154	2.135	2.1545
		2.158	2.155		
	<b>4kHz</b>	2.147	2.148	2.1505	2.1495
		2.154	2.151		
<b>Jam ke 48</b>	<b>Kontrol</b>	2.134	2.143	2.141	2.1565
		2.148	2.170		
	<b>3 kHz</b>	2.250	2.177	2.1865	2.1565
		2.123	2.136		
	<b>4kHz</b>	2.148	2.174	2.144	2.1645
		2.140	2.155		
<b>Jam ke 54</b>	<b>Kontrol</b>	2.186	2.200	2.184	2.23
		2.182	2.260		
	<b>3 kHz</b>	2.171	2.246	2.185	2.239
		2.199	2.232		
	<b>4kHz</b>	2.218	2.259	2.216	2.2425
		2.214	2.226		
<b>Jam ke 54</b>	<b>Kontrol</b>	2.211	2.270	2.213	2.0725

		2.215	1.875		
<b>Jam ke 60</b>	<b>3 kHz</b>	2.150	2.293	2.174	1.9695
		2.198	1.646		
	<b>4kHz</b>	2.207	1.645	2.2205	1.822
		2.234	1.999		
<b>Jam ke 66</b>	<b>Kontrol</b>	2.206	2.279	2.373	1.9745
		2.54	1.670		
	<b>3 kHz</b>	2.191	2.333	2.199	1.8385
		2.207	1.344		
	<b>4kHz</b>	2.242	1.632	2.2365	1.585
		2.231	1.538		
<b>Jam ke 72</b>	<b>Kontrol</b>	2.206	2.353	2.2265	1.9735
		2.247	1.594		
	<b>3 kHz</b>	2.188	2.347	2.219	1.981
		2.250	1.615		
	<b>4kHz</b>	2.223	1.686	2.229	1.6745
		2.235	1.663		
	<b>Kontrol</b>	2.197	2.231	2.2005	1.983
		2.204	1.735		
	<b>3 kHz</b>	2.134	2.328	2.1595	1.919
		2.185	1.510		
	<b>4kHz</b>	2.201	1.690	2.1865	1.686
		2.172	1.682		

## B. Lampiran 2. Dokumentasi



Gambar 1. Instrument Outpot Audiosonik



Gambar 2. Amplifier



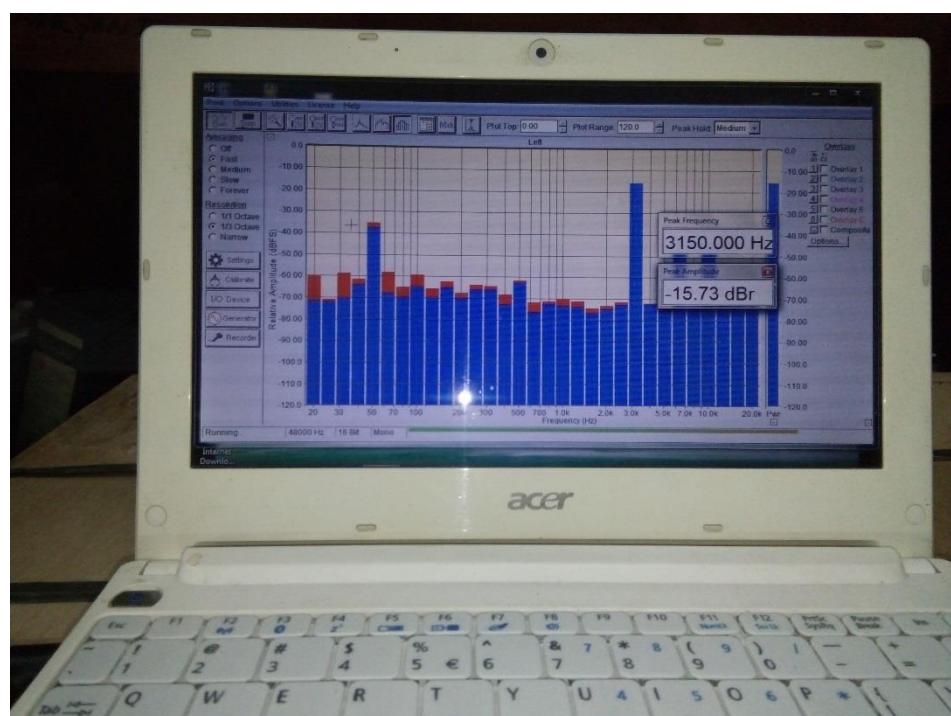
Gambar 3. AFG (Audio Frekuensi Generator)



Gambar 4. Spektrofotometer Genesys 10S UV-VIS



Gambar 5. Medium YPDB (yeast extract dextrose broth)



Gambar 6. Kalibrasi Output frekuensi



Gambar 7. *Saccharomyces cerevisiae* pada medium YPDB



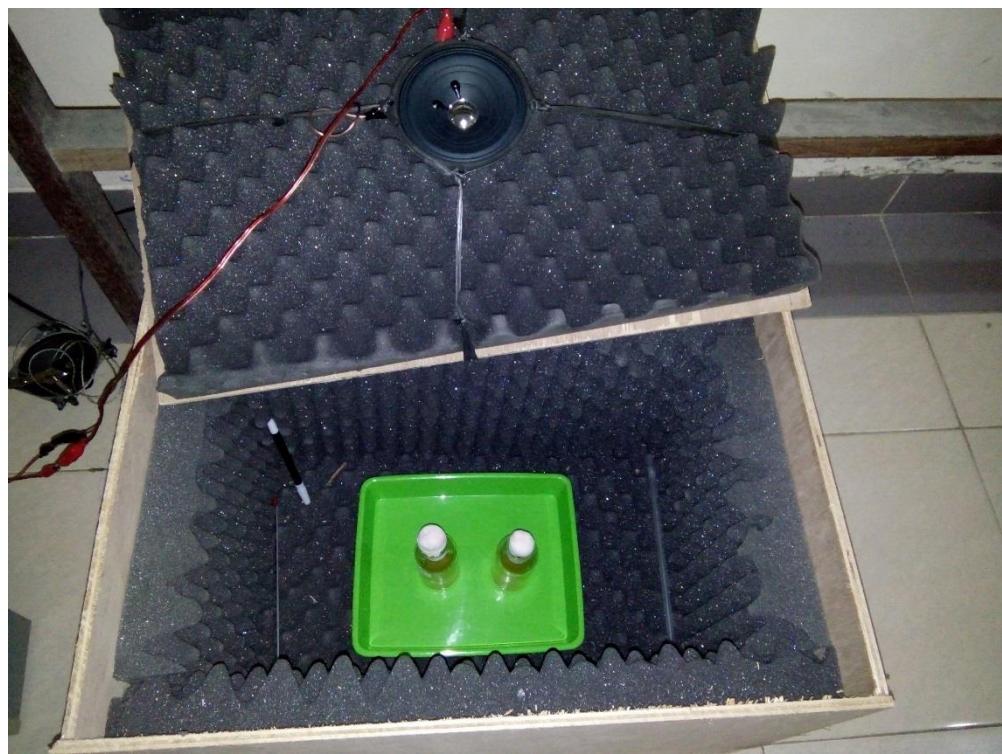
Gambar 8. Shaker dengan kecepatan 125 rpm



Gambar 9. proses pengecekan tingkat jumlah sel



Gambar 10. instrument bilik akustik kedap suara



Gambar 11. bilik akustik