

**SKRIPSI**

**PENGARUH TINGGI GELOMBANG DAN TEKANAN TERHADAP DEBIT PADA  
POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG**



**ZULMI RIANI**

**105 811 1022 16**

Oleh:

**ANDI CANDINI**

**105 811 1031 16**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2021**

**PENGARUH TINGGI GELOMBANG DAN TEKANAN TERHADAP DEBIT PADA  
POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar**

**Disusun dan Diajukan oleh :**



26/04/2021

1 ccg  
Smb. Alumni

R/017/SIP/2100  
ZUL  
P<sup>1</sup>

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGARUH TINGGI GELOMBANG DAN TEKANAN TERHADAP DEBIT PADA POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG**

Nama : ZULMI RIANI  
ANDI CANDINI


Stambuk : 105 81 11022 16  
105 81 11031 16

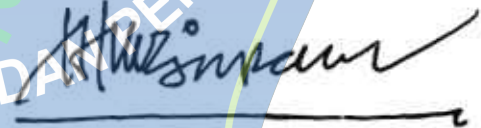
Makassar, 8 Rajab 1442 H  
27 Februari 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM

  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



  
Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

NBM : 1183 084



# FAKULTAS TEKNIK

## GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Zulmi Riani** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11022 16 dan **Andi Candini** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11031 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 20 Februari 2021.

Makassar, 8 Rajab 1442 H  
27 Februari 2021 M

Panitia Ujian:

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji:

a. Ketua : Dr. Ir. H. Riswal K, MT

b. Sekretaris : Kasmawati, ST, MT

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST, MT, IPM

2. Andi Makbul Syamsuri, ST, MT, IPM

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Nenny T Karim ST, MT, IPM

  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM



Dekan

  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi ALLAH SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Tinggi Gelombang Dan Tekanan Terhadap Debit Pada Pompa Gelombang Tipe Pelampung”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya skripsi ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi - tingginya kepada :

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Muh Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekretaris Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
4. Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing Satu  
(1)
5. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing Dua  
(2)

6. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan secara moral maupun material dan doa kepada kami.

Serta semua pihak yang telah membantu kami. Selaku manusia biasa tentunya kami tak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini.

*“Billahi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat”.*



# PENGARUH TINGGI GELOMBANG DAN TEKANAN TERHADAP DEBIT PADA POMPA

## GELOMBANG TIPE PELAMPUNG

Andi Candini<sup>1</sup>, Zulmiriani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Sipil Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

<sup>2</sup>Jurusan Sipil Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : [andicandini90@gmail.com](mailto:andicandini90@gmail.com) \ [zulmiriani97@gmail.com](mailto:zulmiriani97@gmail.com)

### ABSTRAK

Gelombang laut merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang bernilai ekonomis, serta ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dan mudah ditemukan di daerah pesisir pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang dan tekanan terhadap debit pada pompa gelombang tipe pelampung. pemanfaatan gelombang laut untuk dikonversikan menjadi energi yang bermanfaat bagi manusia terus diteliti oleh peneliti luar negeri maupun peneliti dalam negeri. energi potensial dan kinetik yang terkandung pada gelombang laut dapat dikonversikan untuk pemanfaatan tenaga listrik maupun pompa air bersih dan irigasi. Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan berbasis eksperimental. Karakteristik gelombang yang di hasilkan terdiri dari tiga variasi periode dan tiga variasi kedalaman air serta tiga variasi stroke. Pembacaan puncak dan lembah gelombang dilakukan secara otomatis melalui wave monitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Tinggi gelombang dan tekanan cukup berpengaruh pada pompa gelombang dimana semakin tinggi sebuah gelombang maka tekanan yang bekerja pada pompanya semakin besar. dengan itu Perlu diciptakan suatu perencanaan desain alat pemompa gelombang yang tepat guna mendapatkan manfaat lebih dari energi gelombang laut.

Kata kunci: gelombang, pompa, pelampung

### ABSTRACT

*Ocean waves are a new and renewable energy source that is economically valuable and environmentally friendly because it does not produce pollution and is easily found in coastal areas. This study aims to determine the effect of wave height and pressure on the discharge of the float type wave pump. The use of sea waves to be converted into useful energy for humans continues to be studied by foreign researchers and domestic researchers. Potential and kinetic energy contained in ocean waves can be converted to use electricity as well as clean water and irrigation pumps. This research was conducted at the Laboratory of Civil Engineering Hydraulics, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The method used is experimental based. The resulting wave characteristics consist of three variations of the period and three variations of water depth and three variations of the stroke. The reading of the peaks and troughs of the waves is carried out automatically via the wave monitor. The results showed that the wave height and pressure were quite influential on the wave pump where the higher the wave, the greater the pressure acting on the pump. Therefore, it is necessary to create an appropriate wave pump design plan in order to get more benefits from ocean wave energy.*

Keywords: wave, pump, buoy

## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR PERSAMAAN .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Definisi Gelombang .....	6
B. Karakteristik Gelombang .....	10



C. Energi Gelombang Laut.....	12
D. Klasifikasi Teori Gelombang.....	18
E. Hukum Dasar Model .....	19
F. Pipa Terhadap Pompa.....	24
G. Hipotesis .....	28
H. Matriks Penelitian Yang Relevan.....	30

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Tempat Dan Waktu Penelitian .....	36
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data.....	36
C. Alat Dan Bahan.....	36
D. Variabel Penelitian.....	40
E. Pelaksanaan Studi Model .....	41
F. Parameter Model .....	42
G. Pelaksanaan Simulasi.....	44
H. diagram proses penelitian.....	46
I. Flowchart Prosedur Penelitian.....	47

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian.....	47
1. Hasil Analisis.....	47
2. Panjang Gelombang.....	47
3. Data Tinggi Gelombang.....	49
4. Daya Gelombang.....	51

5. Daya Air Hasil Pemompaan.....	51
6. Efisiensi Pompa Gelombang.....	52
7. Daya Pompa.....	53
8. Kecepatan Aliran.....	53
9. Tinggi Tekanan Pompa.....	54
10. Pengambilan Debit.....	58
<b>B. Pembahasan.....</b>	<b>61</b>
1. Hubungan Tinggi Gelombang Dan Tinggi Tekanan Terhadap Pompa Gelombang Tipe Pelampung.....	61
2. Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Debit Yang Dihasilkan.....	64
<b>BAB V Kesimpulan Dan Saran</b>	
11. Kesimpulan.....	68
12. Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>71</b>
<b>DOKUMENTASI.....</b>	



## Daftar Persamaan

Persamaan 1 Panjang Gelombang (L).....	14
Persamaan 2 Panjang Gelombang Awal ( $L_0$ ).....	14
Persamaan 3 cepat rambat gelombang.....	14
Persamaan 4 daya gelombang.....	16
Persamaan 5 Daya Air Hasil Pemompaan.....	16
Persamaan 6 efisiensi pompa.....	17
Persamaan 7 skala panjang.....	20
Persamaan 8 skala tinggi.....	20
Persamaan 9 Skala kecepatan.....	21
Persamaan 10 skala percepatan.....	21
Persamaan 11 skala debit.....	21
Persamaan 12 skala waktu.....	22
Persamaan 13 kesebangunan froude.....	23
Persamaan 14 skala gelombang.....	23
Persamaan 15 Skala panjang struktur.....	23
Persamaan 16 panjang gelombang.....	23
Persamaan 17 Skala waktu.....	23
Persamaan 18 Skala gravitasi.....	23
Persamaan 19 daya pompa.....	25
Persamaan 20 daya pompa.....	25
Persamaan 21 kecepatan aliran.....	26
Persamaan 22 tekanan hidrostatik.....	27

Persamaan 23 tekanan akibat gaya .....	28
Persamaan 24 tekanan akibat gaya .....	28
Persamaan 25 tekanan akibat gaya .....	28
Persamaan 26 tekanan akibat gaya .....	28



## Daftar Gambar

Gambar 1	Parameter Gelombang.....	7
Gambar 2	karakteristik gelombang.....	12
Gambar 3	Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume) .....	37
Gambar 4	Unit pembangkit gelombang tipe flap.....	38
Gambar 5	Wave monitor dan probe.....	38
Gambar 6	Tampak atas penempatan model pompa gelombang dalam Saluran .....	42
Gambar 7	Tampak samping model pompa gelombang dalam saluran.....	42
Gambar 8	Model pompa gelombang tipe pelampung.....	42
Gambar 9	Sketsa mekanisme kerja pompa gelombang.....	44
Gambar 10	Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian.....	46
Gambar 11	Pengaruh tinggi gelombang terhadap debit yang dihasilkan.....	46
Gambar 12	Pengaruh tekanan terhadap debit yang dihasilkan.....	46
Gambar 13	Pengaruh tinggi gelombang terhadap tekanan.....	46

## Daftar Tabel

Tabel 1 Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam.....	18
Tabel 2 Matrik penelitian yang relevan.....	30
Tabel 3 skala model.....	41
Tabel 4 Variasi model pompa gelombang tipe pelampung.....	43
Tabel 5 Data hasil pengamatan tinggi gelombang pada pompa gelombang tipe pelampung.....	
Tabel 6 Data analisis daya gelombang, daya air hasil pompa, dan efisiensi pompa dan daya pompa.....	58
Tabel 7 Data hasil pengambilan debit.....	60
Tabel 8 Data pengaruh tinggi gelombang terhadap debit yang dihasilkan.....	62
Tabel 9 Data pengaruh tekanan terhadap jumlah debit yang dihasilkan.....	63
Tabel 10 Data pengaruh tinggi gelombang terhadap tekanan.....	64

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	=	Luas Penampang Reservoir
$C$	=	Kecepatan Rambat Gelombang
$D$	=	Kedalaman Air
$M$	=	Model Struktur
$G$	=	Percepatan Gravitasi Bumi
$H/H$	=	Tinggi Gelombang
$H_i$	=	Tinggi Gelombang Datang
$H_{max}$	=	Tinggi Gelombang Maximum
$H_{min}$	=	Tinggi Gelombang Minimum
$H_s$	=	Tinggi Gelombang Berdiri
$H_p$	=	Tinggi Gelombang Parsial
$H_r$	=	Tinggi Gelombang Refleksi
$K$	=	Bilangan Gelombang
$L$	=	Panjang Gelombang
$E_p$	=	Energi Potensial Gelombang
$E_k$	=	Energi Kinetik Gelombang
$E_t$	=	Energi Total Per Satuan Panjang Gelombang
$E$	=	Energi Rata-rata Gelombang Per Satuan Luas
$P$	=	Daya Gelombang
$\bar{P}$	=	Transfer Energi Gelombang Rata-Rata
$\rho$	=	Rapat Massa Air
$T$	=	Waktu Penangkapan Gelombang
$T$	=	Periode Gelombang

$X$	=	Arah Penjalaran Gelombang
$Q$	=	Debit
$L_0$	=	Panjang Gelombang Awal
$D$	=	Kedalaman Air
$D/L$	=	Kedalaman Relatif
$A$	=	Amplitudo Gelombang
$H/2$	=	Setengah Tinggi Gelombang
$F$	=	Frekuensi
$Gt^2$	=	Jarak Antara Dua Lembah Gelombang
$L/T$	=	Perbandingan Panjang Gelombang Dan Periode Gelombang
$D$	=	Diameter
$\pi$	=	Phi (3,14)
$H$	=	Tinggi Tekanan
$D_w$	=	Daya gelombang
$D_v$	=	Daya Air Hasil Pemompaan
$\eta_T$	=	Efisiensi Pompa
$m_L$	=	skala panjang
$m_h$	=	skala tinggi
$L_p$	=	ukuran panjang prototipe
$D_p$	=	Daya Pompa
$V$	=	kecepatan
$p$	=	Tekanan



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Gelombang laut menyimpan energi yang sangat besar dan belum dimanfaatkan secara maksimal. pemanfaatan gelombang laut untuk dikonversikan menjadi energi yang bermanfaat bagi manusia terus diteliti oleh peneliti luar negeri maupun peneliti dalam negeri. energi potensial dan kinetik yang terkandung pada gelombang laut dapat dikonversikan untuk pemanfaatan tenaga listrik maupun pompa air bersih dan irigasi.

Energi dari gelombang laut merupakan energi yang timbul dari gerakan gelombang air laut yang menuju ke daratan. gelombang laut terjadi akibat dorongan gerak angin. angin timbul karena perbedaan tekanan pada 2 titik yang disebabkan oleh pemanasan udara oleh matahari yang berbeda di kedua titik. gelombang laut menghasilkan ketinggian yang tidak menentu atau berbeda-beda jika di hitung dari data jumlah gelombang laut yang di amati pada sebuah selang tertentu.

Gelombang laut merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang bernilai ekonomis, serta ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dan mudah ditemukan di daerah pesisir pantai. ada beberapa pilihan untuk menghasilkan tenaga lain dari gelombang laut, pertama menggunakan teknik batang magnet yang bergerak naik turun, pilihan kedua dengan menggunakan pelampung. gelombang laut yang dominan adalah yang terjadi karena tiupan angin, gerakan naik turunnya air laut di laut lepas dan gerakan air laut memukul

kepantai dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain, secara gerakan air laut yang naik turun itu dipakai untuk menggerakkan suatu tuas naik turun, atau untuk menggerakkan suatu pompa, atau untuk menekan kolom udara untuk menggerakkan baling-baling. prinsipnya adalah mengkonversi gerak mekanik menjadi energi lain. gelombang yang merambat akan bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda pada tiap titik muka gelombang, karena pengaruh kedalaman perairan.

Tinjauan dari energi gelombang dalam struktur gelombang laut adalah penting. energi gelombang laut merupakan parameter untuk mengukur seberapa besar manfaat yang di dapatkan dari kemampuan tinggi energi gelombang laut. Perlu diciptakan suatu perencanaan desain alat pemompa gelombang yang tepat guna mendapatkan manfaat lebih dari energi gelombang laut untuk itu, diperlukan kajian untuk menganalisis secara finansial terhadap besarnya energi yang dihasilkan gelombang laut dengan penggunaan alat pemompa gelombang.

Dengan melihat latar belakang masalah diatas, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian tentang model pompa gelombang tipe pelampung untuk pemanfaatan energi gelombang laut serta membuat penulisan tugas akhir yang berjudul:

“Pengaruh Tinggi Gelombang dan Tekanan Terhadap Debit Pada Pompa Gelombang Tipe Pelampung”

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana pengaruh tinggi gelombang dan tekanan terhadap debit pada pompa gelombang tipe pelampung?
2. Berapa besar debit yang dihasilkan pada pompa gelombang tipe pelampung?

## C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang dan tekanan terhadap debit pada pompa gelombang tipe pelampung.
2. Untuk mengetahui besar debit yang dihasilkan pada pompa gelombang tipe pelampung.

## D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan model dan dimensinya dengan pemanfaatan energi gelombang sebagai salah satu energi alternatif terbaharukan dalam skala laboratorium.
2. Sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut dalam skala yang sebenarnya.

## E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, perlu ditetapkan batasan masalah sehubungan dengan keterbatasan dan kemampuan peneliti. batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.

2. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang dengan kondisi belum pecah.
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
4. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.
5. Jenis model yang digunakan adalah tabung acrylic transparan yang dirakit dilengkapi pelampung dan piston, dengan jumlah lubang inlet dan outlet yang bervariasi.

#### F. Sistematika Penulisan

Laporan ini terdiri dari tiga bab, dimana sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut:

**BAB I Pendahuluan**, merupakan bab pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**BAB II Kajian Pustaka**, merupakan kajian pustaka yang menitik tentang kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah mengenai alat pompa gelombang tipe pelampung.

**BAB III Metode penelitian**, berisi tentang penjelasan tempat dan waktu penelitian, jenis penelitian dan sumber data, alat dan bahan, desain penelitian, metode pengambilan data, metode analisis data, variabel penelitian, prosedur penelitian, dan flow chart.

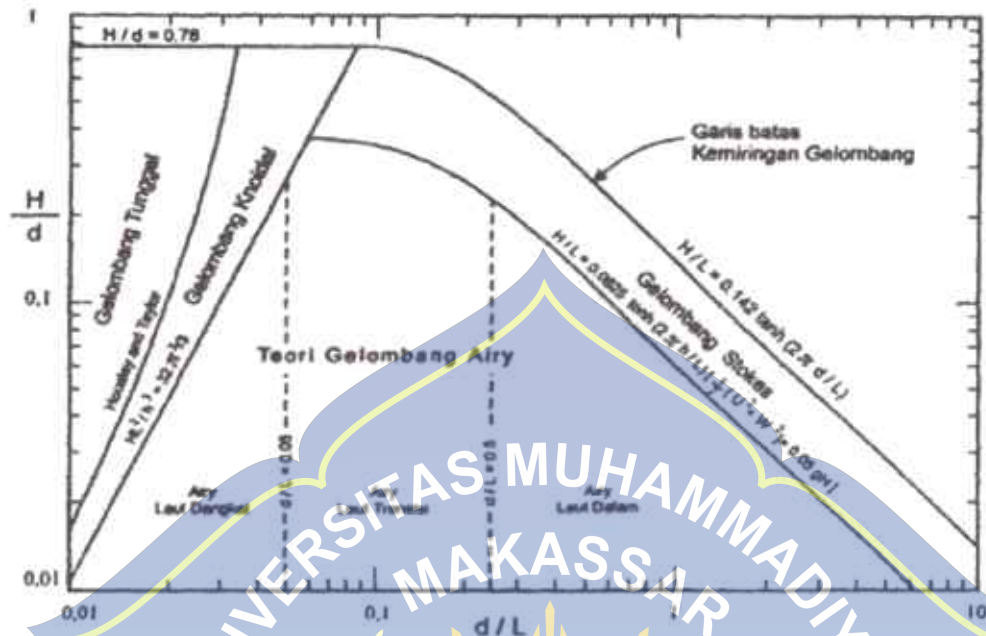
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi Gelombang

Gelombang laut adalah Gerakan naik turun permukaan air laut yang secara teratur memperlihatkan bagian-bagian yang tinggi sebagai puncak dan yang rendah sebagai lembah yang bergerak pada arah tertentu. Bila gelombang mencapai suatu pantai, maka massa air laut akan menghempas atau memukul ke pantai atau daratan. Gelombang dilaut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada daya pembangkitnya. Terdapat beberapa teori yang menggambarkan bentuk gelombang dengan beberapa derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan kondisi di alam diantaranya adalah teori gelombang linier (teori Airy atau teori gelombang amplitude kecil) dan teori gelombang non-linear diantaranya gelombang Stokes, gelombang Knoidal, gelombang Gerstner, Mich, dan gelombang tunggal (solitary wave). Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Untuk menentukan teori yang paling sesuai dengan permasalahan yang dihadapi, diberikan batasan pemakaian dari masing-masing teori gelombang pada gambar 1.

Dalam gambar tersebut penerapan teori gelombang didasarkan pada nilai perbandingan  $H/d$  dan  $d/L$  (Triatmodjo, 1999).



Gambar 1 Daerah penerapan teori gelombang fungsi  $H/d$  dan  $d/L$  (Triatmodjo, 1999)

Energi pada gelombang laut dapat dijadikan sebagai daya pembangkit sebuah prototype sebagai energi pengganti yang terbarukan. dilakukan desain pompa air laut tenaga gelombang, dimana energi gelombang ditangkap melalui pelampung dan diteruskan oleh piston untuk mendorong air laut yang terdapat dalam tabung piston ke permukaan. Dengan tujuan utamanya pada pemanfaatan energi gelombang untuk mensuplai air laut ke daratan untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi perikanan air asin atau

payau dan pemanfatannya untuk tambak udang. Teknologi penangkap energi gelombang dengan sistem pompa tenaga gelombang pada prinsipnya merupakan transformasi energi gelombang menjadi energi pemompaan yang menghasilkan debit air dan tinggi pemompaan.

Teknologi penangkap energi gelombang dengan sistem pompa tenaga gelombang pada prinsipnya merupakan transformasi energi gelombang menjadi energi pemompaan yang menghasilkan debit air dan tinggi pemompaan. transformasi energi ini melalui proses dari alat pemompa gelombang tipe pelampung. Energi gelombang yang ditangkap oleh pompa gelombang tipe pelampung menerima gaya gelombang, mengakibatkan pelampung bergerak naik turun secara harmonik. Pergerakan pelampung tersebut menggerakkan lengan pompa yang dipasang tegak lurus dengan pergerakan naik turunnya lengan pompa mengakibatkan klep akan terbuka dan tertutup. Pada saat klep terbuka mengakibatkan air laut masuk kemudian mengisi tabung piston dan akibatnya di tabung piston akan terdapat tekanan, yang akan diteruskan ke pipa penyalur untuk memompa air ke atas dengan ketinggian tertentu. Mekanisme ini terjadi berulang-ulang hingga air dalam tabung akan terdorong dan mengalir dengan  $Q$  tertentu. Pada pemanfaatan Pompa tenaga gelombang laut ini, air laut hasil

pemompaan ditampung dalam suatu reservoir pada ketinggian tertentu. Pompa dibuat serial yang terdiri dari banyak unit untuk mensuplai satu reservoir. Selanjutnya dari reservoir air dialirkan ke bawah melalui pipa pesat untuk memutar turbin yang dihubungkan.

Cara untuk menangkap energi gelombang ada beberapa macam, berikut adalah tiga cara yang dapat dilakukan untuk menangkap gelombang laut adalah:

#### 1. Pelampung

Alat ini akan membangkitkan listrik dari hasil gerakan vertikal dan rotasional pelampung dan dapat ditambahkan pada sebuah rakit yang mengambang atau alat yang tertambatkan di dasar laut.

#### 2. Kolom air yang berosilasi (Oscillating Water Colum)

Alat ini membangkitkan listrik naik turunnya air akibat gelombang dalam sebuah pipa silinder yang berlubang. Naik turunnya kolom air ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara dilubang bagian atas pipa dan menggerakkan turbin. Sederhananya OWC merupakan salah satu sistem dan peralatan yang dapat mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan menggunakan kolom osilasi. Alat osilasi ini akan menangkap energi gelombang yang mengenai lubang pintu OWC, sehingga terjadi flukruasi atau



osilasi gerakan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan generator listrik sehingga menghasilkan listrik.

### 3. Wave surge atau focusing devices

Peralatan ini bisa juga disebut sebagai tapered chanel atau kanal meruncing atau sistem yang di pasang pada sebuah struktur kanal yang dibangun dipantai untuk mengkonsentrasikan gelombang. Membawanya kedalam kolam penampung yang diringgikan. Air yang mengalir keluar dari kolam penampung ini yang digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan teknologi standar hydropower.

### B. Karakteristik Gelombang

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar.

Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain:

1. Puncak gelombang adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
2. Lembah gelombang adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.

3. Panjang gelombang adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
4. Tinggi gelombang adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
5. Periode gelombang adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Berdasarkan teori Airy maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis. gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmodjo, 1999) berdasarkan :

- a. Tinggi gelombang ( $H$ ), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang. ( $2a$ )
- b. Panjang gelombang ( $L$ ), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- c. Jarak antara muka air rerata dan dasar laut ( $d$ ) atau kedalaman laut.

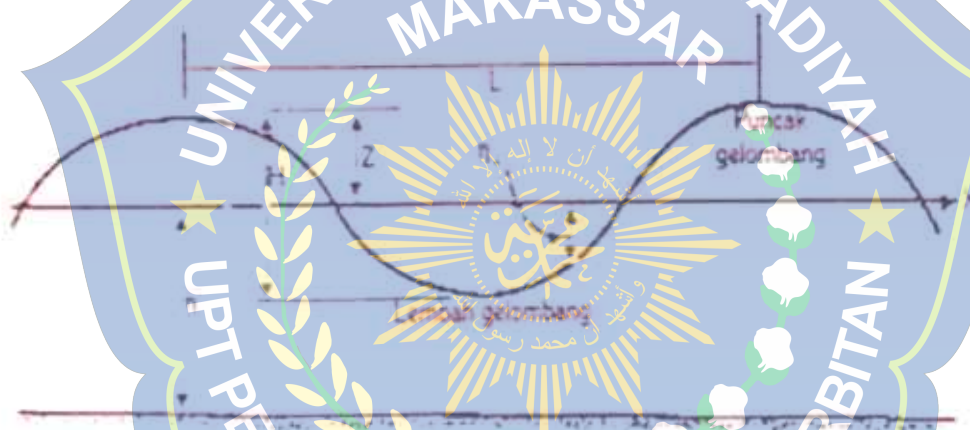
Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

- a. Ketinggian gelombang (wave height) =  $2a$
- b. Kemiringan gelombang (wave steepness) =  $H/L$

Parameter penting lainnya seperti:

- Periode gelombang ( $T$ ), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara puncak gelombang (wave crest).
- Frekuensi ( $f$ ), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik.  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .
- Amplitudo gelombang ( $A$ ), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ( $\frac{h}{2}$ ), seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.

Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Karakteristik Gelombang (Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999)

### C. Energi Gelombang Laut

Energi gelombang laut adalah energi alternatif yang dibangkitkan melalui efek gerakan tekanan udara akibat fluktuasi pergerakan gelombang.

Konsep dasar yang terkait dengan karakteristik gelombang laut tersebut digunakan dalam perumusan persamaan untuk menentukan besarnya energi gelombang laut. Pengembangan dan penyederhanaan dalam perumusan persamaan yang menghubungkan antara parameter gelombang yang terukur dengan energi gelombang laut dikembangkan berdasarkan beberapa asumsi dasar yang digunakan oleh Rahayu (2000), yaitu:

1. Zat cair atau partikel gelombang adalah homogeny dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa dianggap konstan
2. Tegangan permukaan diabaikan
3. Gaya coriolis atau gaya yang terjadi akibat perputaran bumi diabaikan
4. Gerak partikel air berada dalam keadaan irrotational
5. Dasar laut dianggap datar, tetap, dan impermeable sehingga kecepatan vertical dasar bernilai nol
6. Tekanan permukaan air dianggap seragam dan konstan
7. Kecepatan partikel air relative lebih kecil daripada kecepatan jalar gelombang
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Perumusan persamaan energi gelombang dimulai dari teorema dasar energi total gelombang mekanik. Berdasarkan teorema dasar energi total gelombang mekanik, maka energi total gelombang laut adalah jumlah dari energi kinetik ( $E_k$ ) dan energi potensial ( $E_p$ ). diketahui bahwa energi kinetik gelombang laut dipengaruhi secara eksplisit oleh parameter-parameter: percepatan gravitasi ( $g$ ), tinggi gelombang laut ( $H$ ), massa jenis air laut ( $\rho$ ), dan panjang gelombang ( $L$ ).

Untuk Persamaan panjang ( $L$ ) dan kecepatan rambat ( $C$ ) gelombang dinyatakan sebagai berikut (US Army Corps of Engineers, 2006).

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (1)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (5) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang ( $L$ ), diperlukan panjang gelombang awal ( $L_0$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_0 = 1,56 T^2 \quad (2)$$

$$C = \frac{g}{2\pi} T \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (3)$$

dimana :

$T$  : periode gelombang [s]

$g$  : percepatan gravitasi [ $m/s^2$ ]  $\pi$

$h$  : kedalaman air (*still water depth*) [m].

Perumusan persamaan energi potensial terdapat fluktuasi muka air laut fluktuasi muka air laut rata-rata ( $\eta$ ) yang secara eksplisit dipengaruhi oleh parameter-parameter: ketinggian gelombang ( $H$ ), bilangan gelombang atau konstanta ( $k$ ),  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ , jarak tempuh gelombang ( $x$ ), kecepatan fase gelombang ( $\omega$ ) dan waktu perambatan gelombang ( $t$ ).

Fungsi energi potensial dan energi kinetik gelombang laut mempunyai bentuk yang sama sehingga besarnya energi total gelombang laut dua kali lipat dari energi kinetik atau energi potensial gelombang laut tersebut.

Peralatan pompa gelombang menangkap energi gelombang air laut yang besarnya merupakan total dari energi kinetik dan energi potensial untuk memompa air ke atas. Efisiensi pompa yang merupakan tingkat efektifitas pompa

untuk menangkap energi adalah merupakan perbandingan dari energi kinetik air hasil pemompaan terhadap energi gelombang air laut.

Karena energi gelombang yang ditangkap oleh alat tidak kontinyu, maka dalam evaluasi ditinjau parameter daya rata-rata untuk satu gelombang, yang besarnya adalah:

$$D_w = \frac{1}{8} \gamma H^2 v \times g \quad (4)$$

Dimana:

$D_w$  = daya gelombang (N.m/s)

$\gamma$  = berat jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$B$  = lebar papan osilasi (m)

$H$  = tinggi gelombang (m)

$v$  = kecepatan penjalaran gelombang =  $\sqrt{gh}$

$g$  = gaya grafitasi (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = Kedalaman Air Saluran (m)

Sedangkan daya air hasil pemompaan dirumuskan sebagai:

$$D_v = \gamma \times Z \times Q \times g = \gamma Z \frac{v}{T} \quad (5)$$

Dimana:

$D_v$  = Daya Air Hasil Pemompaan (N.m/s)

$Z$  = Tinggi pemompaan (m)

$Q$  = Debit Rata-Rata Hasil Pemompaan (m<sup>3</sup>/s)

$V$  = Volume air dari hasil pemompaan selama satu periode gelombang

$T$  = Periode gelombang (s)

Efisiensi pompa gelombang yang merupakan efisiensi keseluruhan alat ( $\eta_T$ ), yang merupakan perbandingan antara daya yang bekerja pada gelombang dengan daya yang dihasilkan dari hasil pemompaan. Daya yang bekerja pada gelombang dihitung dengan persamaan (4) sedangkan daya hasil pemompaan dihitung dengan persamaan (5), sehingga efisiensi pompa bisa dihitung dengan:

$$\eta_T = \frac{\gamma Q Z g}{8 Z \frac{V}{T}} = \frac{\gamma Q Z g}{8 B H_o^2 v} \quad (6)$$

Dimana:

$\gamma$  = Berat jenis air =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$Q$  = Debit rata-rata hasil pemompaan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Z$  = Tinggi pemompaan (m)

$V$  = Volume air hasil pemompaan oleh satu osilasi papan atau satu langkah gerakan pompa, yang dibangkitkan oleh satu periode gelombang ( $\text{m}^3$ )

$T$  = Periode Gelombang (s)

$B$  = Lebar papan osilasi (m)



$H_o$  = Tinggi gelombang (m)

$v$  = Kecepatan penjalaran gelombang =  $\sqrt{gh}$

$g$  = Gaya grafitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = Kedalaman air salunan (m)

#### D. Klasifikasi Teori Gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori

tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang ( $d/L$ ). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Kategori gelombang	$d/L$	$2\pi d/L$	$Tamb(2\pi d/L)$
Laut dalam	$1/2$	$\pi$	
Laut transisi	$1/20 - 1/2$	$0.25 - \pi$	$Tamb(2\pi d/L)$
Laut dangkal	$1/4$	$0.25$	$2\pi d/L$

(sumber: Teknik Pantai, Teatmodjo, 1999)

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo

berhingga (Stock, Cnoidal, Solitair). Gelombang amplitudo kecil dikembangkan oleh Airy sehingga dikenal dengan teori gelombang Airy. Teori gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamanya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya.

#### E. Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Nur Yuyono, 1996).. Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

## 1. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa *distorsi*) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (7)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (8)$$

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$n_h$  = skala tinggi

$L_p$  = ukuran panjang prototipe

$L_m$  = ukuran panjang model

$h_p$  = ukuran tinggi pada prototipe

$h_m$  = ukuran tinggi pada model

## 2. Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_t$  didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (9)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (10)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \quad (11)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (12)$$

### 3. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan. Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik froude (*froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (*Cauchy Number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froud. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama

dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(U^2/L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gl} \quad (13)$$

Dengan demikian bila gaya gravitasi memegang peranan penting dalam permasalahan, maka perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi pada model dan prototipe harus sama.

$$n_{F_r} = \frac{n_U}{n_{L^{0.5}}} \quad (14)$$

$$n_{F_r} = \frac{F_{r_m}}{F_{r_p}} = 1 \quad (15)$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi, maka skala panjang gelombang  $n_L$ , skala panjang struktur  $n_B$ , skala kedalaman  $n_d$  dan skala sarat  $n_s$  adalah sama seperti berikut :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \quad (16)$$

Sedangkan skala waktu  $n_T$  dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = n_L^{1/2} \quad (17)$$

$$n_g = 1 \quad (18)$$

## F. Pipa Terhadap Pompa

Pompa adalah peralatan mekanis yang mengubah kerja mekanis poros menjadi energi mekanis fluida dan energi yang diterima oleh fluida ini digunakan untuk menaikkan tekanan dari fluida tersebut serta digunakan untuk melawan tahanan yang terdapat pada saluran sehingga dapat dikatakan fungsi dari pompa adalah untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikkan fluida dari satu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau digunakan untuk mengalirkan fluida dari suatu tingkat tertentu ke suatu tempat dengan menggunakan pipa yang sangat panjang.

Jika pompa menaikkan zat cair dari kolam satu ke kolam yang lain dengan selisih muka air  $H_s$ , daya yang digunakan oleh pompa menaikkan zat cair setinggi  $H_s$  adalah sama dengan tinggi  $H_s$  ditambah dengan kehilangan tenaga selama pengaliran dalam pipa tersebut.

Kehilangan tenaga adalah ekuivalen dengan penambahan tinggi elevasi, sehingga efeknya sama jika pompa menaikkan zat cair setinggi  $H = H_s + \sum h_t$ . Seperti pada gambar 3 tinggi kecepatan

diabaikan sehingga garis tenaga berimpit dengan garis tekanan. Kehilangan tenaga terjadi pada pengaliran pipa 1 dan 2 yaitu sebesar  $h_{t1}$  dan  $h_{t2}$ . Pada pipa 1 yang merupakan pipa isap, garis tenaga (dan tekanan) menurun sampai di bawah pipa.

Bagian pipa di mana garis tekanan di bawah sumbu pipa mempunyai tekanan negatif, sedangkan pipa 2 merupakan pipa tekan. Daya yang diperlukan pompa untuk menaikkan zat cair :

$$Dp = \frac{QH\gamma g}{\eta} \quad (19)$$

atau

$$Dp = \frac{QH\gamma g}{75\eta} (hp) \quad (20)$$

dengan  $\eta$  adalah efisiensi pompa. Pada pemakaian pompa, efisiensi pompa digunakan sebagai pembagi dalam rumus daya pompa. *Head* pompa adalah kemampuan suatu pompa untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain yang berbeda ketinggian atau kemampuan pompa untuk memindahkan fluida antara dua tempat yang berbeda jaraknya.



## 1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dapat kita hitung Berdasarkan debit yang dihasilkan oleh model pompa berdiameter ( $\emptyset$ ) 0,02 m pada kedalaman (d) 29 cm. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Kecepatan aliran yang keluar dari outle bawah

$$V = Q/A \quad (21)$$

Dimana :

V = kecepatan (m/dtk)

Q = debit ( $m^3/dtk$ )

A = luas penampang ( $m^2$ )

Berikut beberapa data hasil perhitungan kecepatan aliran pada model dengan diameter ( $\emptyset$ ) 0,02 m yang dapat dilihat pada 7.

## 2. Menentukan Tinggi Tekanan (Head)

### a. Tekanan Hidrostatik

Zat cair dalam wadah selalu tertarik ke bawah karena adanya gaya gravitasi. Adanya gaya tarik kebawah ini menyebabkan adanya tekanan zat cair pada dasar wadahnya. tekanan zat cair yang hanya disebabkan oleh gaya beratnya sendiri disebut Tekanan Hidrostatik.

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang diberikan zat cair ke sumua arah pada suatu benda akibat adanya gaya gravitasi. Tekanan

hidrostatik akan meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman yang diukur dari permukaan zat cair,

Tekanan hidrostatik pada titik kedalaman berapapun tidak dipengaruhi oleh berat air luasan permukaan air, ataupun bentuk bejana air. Tekanan hidrostatik ( $p$ ) zat cair dengan massa jenis pada kedalaman  $h$  dan percepatan gravitasi  $g$  dirumuskan dengan :

$$p = \rho g H \quad (22)$$

Dimana :

$p$  : Tekanan (Pa)

$\rho$  : massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  : Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$H$  : kedalaman suatu benda dari permukaan zat cair

### 3. Tekanan akibat gaya

Tekanan pada pompa tidak hanya disebabkan oleh tekanan hidrostatik tapi juga dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada pompa. Adapun yang variabel yang mempengaruhi tekanan pompa yaitu berat pelampung untuk outlet bawah dan daya gelombang untuk outlet atas.. Dan daya akibat gelombang berbeda-beda berdasarkan tinggi gelombang. Pada perhitungan kali ini kita akan menggunakan daya

gelombang yang dihasilkan model  $\varnothing$  2,0 cm. Berikut perhitungan tekanan yang disebabkan oleh gaya :

Untuk outlet bawah:

$$m = 1.0 \text{ kg}$$

$$F = m \times g \quad (23)$$

Sehingga :

$$P = F/A \quad (24)$$

Untuk outlet atas:

$$F = \frac{Dw}{v} \quad (25)$$

Sehingga :

$$P = \frac{F}{A_{\text{piston}}} \quad (26)$$

### G. Hipotesis

Salah satu penangkap energi gelombang adalah dengan menggunakan pelampung yang bergerak secara vertikal. Pelampung didesain sedemikian rupa sehingga mampu bergerak secara kontinyu mengikuti gerakan gelombang naik turun yang datang. Dengan cara ini energi gelombang ditangkap melalui tabung pompa yang mempunyai lobang inlet pada bagian atas dan bawah dari tabung

pompa tersebut, untuk menggerakkan piston. Saat bergerak naik dan turun piston akan terbuka lobang inlet sehingga air laut akan masuk untuk mengisi tabung pompa, pada saat bergerak keatas dan kebawah tekanan air akan diteruskan oleh tuas piston. Gerakan naik turun pelampung diluar tabung pompa akan mendorong air laut yang terdapat dalam tabung pompa untuk selanjutnya disalurkan dengan pipa penyalur outlet yang terdapat pada bagian atas dan bawah tabung pompa menuju tempat yg lebih tinggi. Debit (Q) yang disalurkan sampai dengan ketinggian Z akan memiliki energi potensial yang bisa digunakan untuk menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi listrik yang dapat membantu masyarakat disekitarnya, pompa air laut energi gelombang dapat digunakan untuk memompa air laut kedaratian dengan keuntungan lebih . tanpa bahan bakar, dan bebas polusi. Gaya gelombang gratis yang selama ini jarang dimanfaatkan, dapat diusahakan dengan teknologi sederhana untuk menaikkan air laut ke daratan untuk digunakan memutar dinamo pembangkit listrik serta mengairi areal pertanian tambak.

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	
1	Abdullah Al Energy Mahfazur Converter Rahman, Md. (Estimasi Potensi gelombang. Model Parameter Al Energi ini berfungsi sebagai Point alat konversi energi Absorber gelombang yang Konverter sangat sederhana, Energi modifikasi dari model Gelombang ini dapat diterapkan (F Static), Konstan tipe untuk mengevaluasi pelampung) pengaruh parameter generator linier untuk produksi daya listrik yang efisien.	Estimation menghasilkan gelombang Dari energi Potential of sumber energi. Ini Point memiliki potensi gelombang Absorber tinggi dibandingkan Buoy type dengan sumber energi Wave lainnya. Bidang Energy utama yang menjadi Converter perhatian adalah (Estimasi distribusi energi Potensi gelombang. Model Parameter Al Energi ini berfungsi sebagai Point alat konversi energi Absorber gelombang yang Konverter sangat sederhana, Energi modifikasi dari model Gelombang ini dapat diterapkan (F Static), Konstan tipe untuk mengevaluasi pelampung) pengaruh parameter generator linier untuk produksi daya listrik yang efisien.	Dari energi Estimation menghasilkan gelombang Potential of sumber energi. Ini Point memiliki potensi gelombang Absorber tinggi dibandingkan Buoy type dengan sumber energi Wave lainnya. Bidang Energy utama yang menjadi Converter perhatian adalah (Estimasi distribusi energi Potensi gelombang. Model Parameter Al Energi ini berfungsi sebagai Point alat konversi energi Absorber gelombang yang Konverter sangat sederhana, Energi modifikasi dari model Gelombang ini dapat diterapkan (F Static), Konstan tipe untuk mengevaluasi pelampung) pengaruh parameter generator linier untuk produksi daya listrik yang efisien.	Dwi Prasetho Utomo, Muhammad Agus Sabhana, Nova Risdiyanto Ismail Energy	Perbedaan Diameter Pelampung pada piston Terhadap Kinerja Ocean Wave Energy Diameter Pelampung pada piston 20cm, 15 cm dan diameter piston 20 cm H =Tinggi Gelombang Diameter Pelampung = T Kecepatan Gelombang

Tabel 2. Matriks Penelitian Yang Relevan

2	Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik menghasilkan arus paling tinggi yaitu 7,50 ampere. Tinggi gelombang 15 cm dan diameter piston 20 cm menghasilkan voltase paling tinggi yaitu 51,70 V. Tinggi gelombang 15 cm Efisiensi PLTGelomb = 8,31%	Hasil Model Pompa yang digunakan, menghasilkan peningkatan efisiensi dengan signifikan. Pada $(H/h_c)(1.5/A) = 20.86$ dan $Z/d = 0.54$ (b) Lebar flap gelombang (L) Tinggi gelombang (H) Pada flap gelombang (L) Panjang gelombang (L)	Parameter Riset Panjng gelombang (L) Tinggi gelombang (H) Lebar flap (b) Periode gelombang (T) Diameter piston (D), Variasi waktu (t)
3	Budi Haryanto, Radiana Triatmadja, Nizam	Judul Optimasi Pompa Air Laut Energi Gelombang	Model Pompa yang digunakan, menghasilkan peningkatan efisiensi dengan signifikan. Pada $(H/h_c)(1.5/A) = 20.86$ dan $Z/d = 0.54$ (b) Lebar flap gelombang (L) Tinggi gelombang (H) Pada flap gelombang (L) Panjang gelombang (L)

5	Jamrud Aminuddin, R. Farzand Abdullatif, dan Wihantoro	<p>Persamaan energi untuk perhitungan dan pemetaan area yang berpotensi untuk pengembangan gan</p> <p>Berdasarkan perumusan yang telah dilakukan diketahui bahwa parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata energi gelombang laut adalah persamaan luas adalah <math>(dx dz)</math> massa jenis (<math>\rho</math>) potensial (<math>Fp</math>) dan energi kinetik (<math>E_k</math>) energi (<math>d</math>), kedalaman laut (<math>d</math>),</p>
4	Juventus Welly Ginting, Ketut Dharmas Setiawan	<p>Dari hasil pengamatan tinggi gelombang yang mampu menggerakkan papan osilasi hingga mengalirkan air lawar adalah mulai dari tinggi (<math>H</math>) 10 cm, gelombang dalam hal ini kondisi (<math>H</math>), peratan pantai Bantur Luas Papan Osilasi, Asri-Singaraja merupakan pantai yang landai dan rata-rata memiliki tinggi gelombang (<math>H</math>) kecil &lt; 40 cm karena Panjang Panton, di pantai Asri, pemantapan adalah singaraja - setelah pecah, ketinggian &gt; 40 cm terjadi pada musim tertentu.</p> <p>Kinerja adalah mulai dari tinggi (<math>H</math>) 10 cm, gelombang papan protipe osilasi hingga mengalirkan air lawar adalah mulai dari tinggi (<math>H</math>) 10 cm, gelombang dalam hal ini kondisi (<math>H</math>), peratan pantai Bantur Luas Papan Osilasi, Asri-Singaraja merupakan pantai yang landai dan rata-rata memiliki tinggi gelombang (<math>H</math>) kecil &lt; 40 cm karena Panjang Panton, di pantai Asri, pemantapan adalah singaraja - setelah pecah, ketinggian &gt; 40 cm terjadi pada musim tertentu.</p>

7	Teguh Dwiyono. 2006	<p>Pengaruh variasi besar, tingi gaya tekan, Dan kemiringan pipa output</p> <p>Makin besar gaya tekan, maka <i>head</i> akan makin besar/ tingi dan tekan (<math>f</math>), tingi gaya besar/ tingi dan tekan (<math>a</math>) <i>head</i> (<math>h</math>) variabel</p>	<p>Makin besar gaya tekan, maka <i>head</i> akan makin besar/ tingi dan tekan (<math>f</math>), tingi gaya tekan (<math>h</math>) variabel</p>
6	<p>Rais Yudianto, Eko Sasmito, Hadi Kuryanto. 2016</p>	<p>Desain konverter tanpa beban yang beroperasi pada gelombang laut sebagai sumber tenaga listrik dan sebagai sumber tenaga listrik di konverter</p> <p>Desain konverter tanpa beban yang beroperasi pada gelombang laut sebagai sumber tenaga listrik dan sebagai sumber tenaga listrik di konverter</p>	<p>Desain konverter tanpa beban yang beroperasi pada gelombang laut sebagai sumber tenaga listrik dan sebagai sumber tenaga listrik di konverter</p> <p>Desain konverter tanpa beban yang beroperasi pada gelombang laut sebagai sumber tenaga listrik dan sebagai sumber tenaga listrik di konverter</p>
		<p>panjang gelombang (<math>L</math>), fluksi muka air laut rata-rata (<math>\eta</math>), nilai energi rata-rata gelombang laut mendekati dua kali (<math>H</math>), lipat ketinggian percepatan gravitasi (<math>g</math>)</p>	<p>panjang gelombang (<math>L</math>), fluksi muka air laut rata-rata (<math>\eta</math>), nilai energi rata-rata gelombang laut mendekati dua kali (<math>H</math>), lipat ketinggian percepatan gravitasi (<math>g</math>)</p>



No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset
8	Tti Alfansuri, Erita Arta Zulhari	Kajian potensi tenaga gelombang laut sebagai pembangkit tenaga listrik	Dari Hasil akhir diketahui bahwa dengan ketinggian gelombang antara 0,70 – 3,25 m mampu menghasilkan daya sebesar 94,115 – 5261,198,29 Watt	pembangkit tenaga listrik, PTL, BMKG
9	Dr. Ir, Suprpto, M. Eng	Konversi energi gelombang laut Dengan pompa tenaga gelombang air laut dengan linier Dan magnetik	dari pelaksanaan pengembangan prototip pompa tenaga gelombang memiliki nilai efisiensi sebesar 17,5%, pemompaan debit air laut dengan menggunakan pompa tenaga gelombang akan dimanfaatkan untuk kegiatan untuk budidaya	E = Energi gelombang Hz E = 2pV(2) p = Massa jenis V = Volum dari pelampung T = Periode
		Menaikkan elevasi muka air yang dibutuhkan untuk besar/ tinggi dan waktu maka head. Makin sumbu horisontal kemiringan terhadap Makin besar sudut diameter pipa dan input (Dp) dan output (Dpp).	yang dibutuhkan untuk mencapai head makin lambat (Dp) dan diameter pipa yang dibutuhkan untuk menaikkan elevasi muka air	



No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset
10	Danu Ardianto, Jondri, Annisa Aditsania	Pelacakan Keluaran Sistem Linear Kompak Piston Tunggal Dengan Kontrol Panjang Batang Penghubung Dan Piston	Nilai dari panjang batang penghubung adalah 137,6928 m	$FB = \text{Gaya yang bekerja pada pelampung, Ft} = \text{Gaya yang bekerja pada pegas yang mendekati}$ nilai sebenarnya dari batang penghubung dan piston yaitu 140 m.

## METODE PENELITIAN

### BAB III

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium hidrolika Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan rencana waktu penelitian selama

6 bulan.

#### B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental, di mana kondisi

tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada hierarki-literatur

yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan

untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar

hubungan sebab akibat tersebut dengan memberikan perlakuan-perlakuan tertentu

pada beberapa kelompok eksperimen dan menyelidiki kontrol untuk

perbandingan.

Metode yang dipakai dalam mengumpulkan data yaitu metode langsung.

Penulis mendapatkan data dengan cara menguji langsung alat yang telah dibuat.

pengambilan data yang dilakukan adalah:

1. Data tinggi gelombang
2. Data tinggi tekanan piston
3. Data debit yang dihasilkan oleh pompa gelombang

C. Alat dan Bahan

a. Alat

- a. Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume)

Dilakukan pada saluran gelombang multiguna berukuran panjang 15 m, lebar

30 cm. Kedalaman efektif saluran 46 cm.



Gambar 3 Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume)

- b. Unit pembangkit gelombang

Mesin pembangkit terdiri dari mesin utama, pulley yang berfungsi mengatur

waktu putaran piringan yang dihubungkan pada stroke sehingga menggerakkan

lap pembangkit gelombang.

menganalisa data.

h. Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam

Gambar 5 Wave monitor dan probe



g. Wave monitor dan probe

f. Stopwatch untuk mengukur periode gelombang

e. Mistar taraf untuk mengukur ketinggian muka air

d. Alat tembak lem

c. Meteran gulung/mistar untuk mengukur tinggi gelombang

Gambar 4 Unit pembangkit gelombang tipe flap



i. Kamera digital digunakan untuk merekam (dalam bentuk foto) momen-

momen yang penting dalam keseluruhan kegiatan penelitian khususnya tahap-

tahap dalam proses penelitian.

j. Tabel data untuk mencatat data-data yang diukur, serta alat tulis.

**a. Bahan**

Model pompa gelombang yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dalam 1

model pompa gelombang dengan diameter tabung yaitu : diameter tabung  $\varnothing$  2,0

cm, tabung terbuat dari bahan acrylic bening dengan tebal 6 mm dengan

menggunakan pelampung di luar dari tabung penangkap air untuk menggerakkan

piston penekan air naik dan turun, tinggi dan panjang model pompa gelombang

diatur berdasarkan perubahan (menyesuaikan time).

Beberapa bahan yang akan digunakan dalam penelitian adalah

1. Model pompa gelombang yang terbuat dari tabung transparan dengan

diameter tabung yaitu lingkaran tabung bagian dalam  $\varnothing$  2,0 cm terbuat dari

bahan acrylic bening berbentuk tabung dengan tebal 3 mm = 0,3 cm. bagian

atas dan bawah dari tabung dibuat 2 lubang inlet dengan diameter lobang  $\varnothing$

1,7 cm yang berfungsi sebagai lubang masuknya air kedalam tabung pada

saat piston bergerak naik turun disertai katup untuk menahan air keluar

sehingga air akan masuk mengisi tabung secara kontinyu.

2. Model pelampung berbentuk segi empat yang bisa terapung dan bergerak

naik turun sesuai tinggi rendahnya gelombang dipasang pada bagian luar

tabung pompa, diameter pelampung adalah  $\varnothing$  5,5 cm, tinggi pelampung 6 cm,

dan lebar pelampung 20 cm.

3. Pipa outlet terbuat dari pipa transparan dengan diameter  $\varnothing$  0,5 cm yang berfungsi sebagai pipa penyalur yang dipasang pada bagian atas dan bawah tabung pompa, panjang dan tinggi pipa outlet disesuaikan dengan kondisi flume laboratorium.

4. Piston ditempatkan pada bagian dalam tabung yang akan bergerak vertikal bersamaan dengan pelampung, piston bergerak secara vertikal dan berfungsi untuk menekan air kebawah dan keatas sehingga air akan keluar melalui lubang outlet (popasan). Piston terbuat dari bahan karet yang tahan air, tebal dan diameter piston disesuaikan dengan diameter bagian dalam tabung pompa.

#### D. Variabel Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan desain perancangan model berdasarkan variabel yang akan dieliti, adapun variabel yang dieliti adalah Tinggi Gelombang (H), Periode Gelombang (T), Panjang Gelombang (L) dan lamanya waktu pengisian tabung pompa gelombang ( $t$ ), sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini adalah periode gelombang (T), panjang gelombang (L), tinggi gelombang ( $H_1$ ), tinggi tekanan (H) serta diameter tabung pompa dan jumlah lobang inlet.

#### E. Pelaksanaan Studi Model

Desain/perancangan model pompa gelombang tipe pelampung gerakan vertikal didasarkan pada beberapa spesifikasi yaitu :

- e. Pemberat tabung terbuat dari bahan adukan semen yang dipadatkan berbentuk bulat dengan  $\varnothing$  15,0 cm tinggi 10 cm dengan berat 1,0 kg
- d. Jumlah lobang outlet yaitu : 1 dibagian atas tabung dan 1 dibagian bawah dengan variasi diameter lobang 1,7 cm
- c. Jumlah lobang inlet yaitu : 1 disisi atas tabung dan 1 disisi bawah tabung dengan variasi diameter lobang 1,7 cm
- b. Ukuran tinggi tabung 50 cm
- a. Ukuran diameter tabung  $\varnothing$  2,0 cm
- F. Parameter Model

2. Model terbuat dari tabung acrylic transparan yang dirakit dilengkapi pelampung dan piston dengan ukuran diameter tabung, tinggi model dan jumlah lubang inlet dan outlet yang bervariasi.

Skala Tinggi	Skala Panjang	Kedalaman	Waktu (periode)
$n_H$	$n_L$	$n_d$	$n_T$
10	10	10	1,20
Skala	Notasi	Skala	

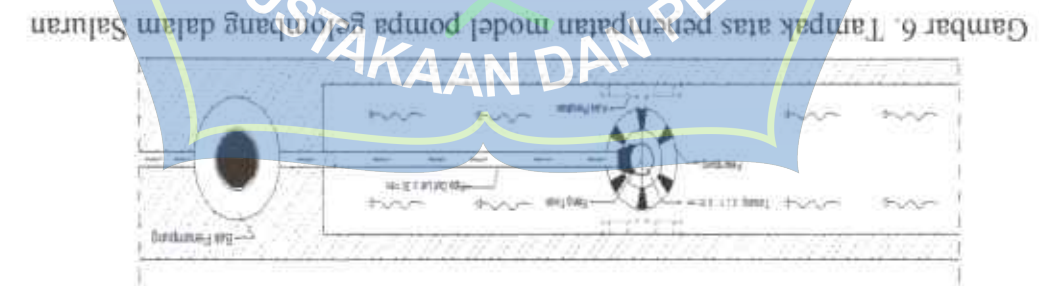
Tabel 3. Skala Model

1. Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1 : 10, nilai skala model selengkapanya Tabel 2.

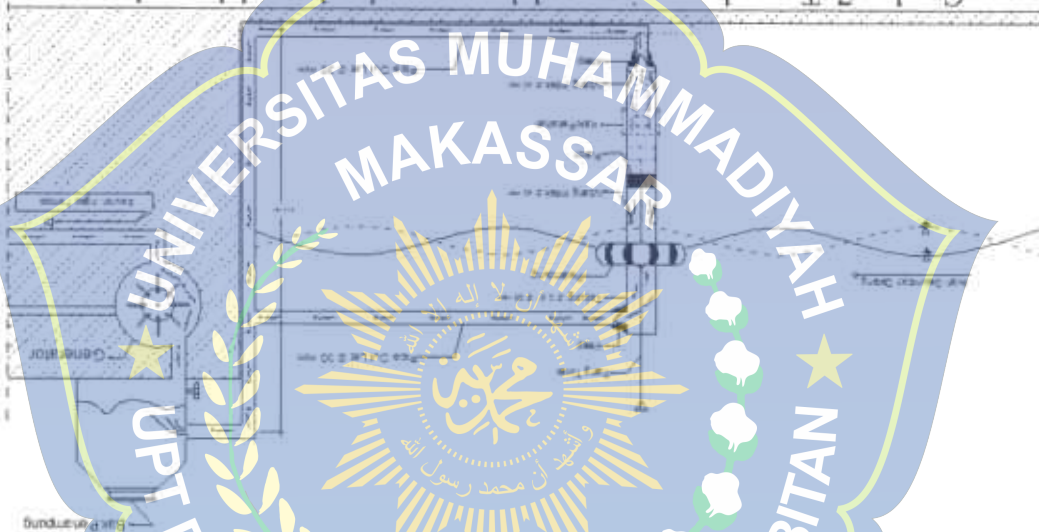


f. berfungsi sebagai dukungan tabung sehingga tidak mudah bergeser di saluran

pada saat air sudah mulai digerakkan.



Gambar 6. Tampak atas penempatan model pompa gelombang dalam Saluran



Gambar 7. Tampak samping model pompa gelombang dalam saluran

segi empat Bentuk pelampung pelampung 1,0 kg, Berat 0,5 cm, outlet atas bawah Ø cm, Diameter lubang inlet atas bawah Ø 1,7 cm, Diameter lubang cm Tinggi tabung 5 Diameter tabung Ø 2,0	Model 1	
Keterangan	Model Pompa	Gambar Prototype

Tabel 4. Variasi model pompa gelombang tipe pelampung

Gambar 8. Model pompa gelombang tipe pelampung



**G. Pelaksanaan Simulasi**

Persiapan untuk running awal pada flume (tanpa model pompa gelombang) untuk mendapatkan data-data awal yaitu :

1. Dengan stroke/pembangkit gelombang 6, 7, dan 8, untuk mendapatkan Tinggi Gelombang (H)



Gambar 9/ Sketsa mekanisme kerja pompa gelombang

2. Periode (T) 1,3 = 13 dtk, 1,4 = 14 dtk, 1,5 = 15 dtk, untuk mendapatkan Panjang Gelombang (L), setiap 10 kali putaran = 10 dtk.

3. Memulai simulasi gelombang tanpa model dengan membangkitkan gelombang dengan menekan tombol *start* pada panel kontrol. Simulasi ini dilakukan untuk memastikan tinggi dan periode gelombang di dalam *wave flume* telah sesuai dengan variasi yang telah ditentukan dalam penelitian ini.

4. Menghentikan simulasi tanpa model dengan menekan tombol *stop* pada panel kontrol.

5. Melakukan model uji di tengah-tengah *wave flume*.
6. Mengisi air pada *wave flume* dengan variasi kedalaman air (d) mulai dari 25 cm, 27, cm dan 29 cm untuk setiap model.

7. Setelah semua komponen siap, simulasi gelombang dimulai dengan membangkitkan gelombang di dalam *wave flume* seperti pada prosedur no. 2.

8. Mengukur dan mencatat tinggi gelombang di depan dan di belakang model

uji.

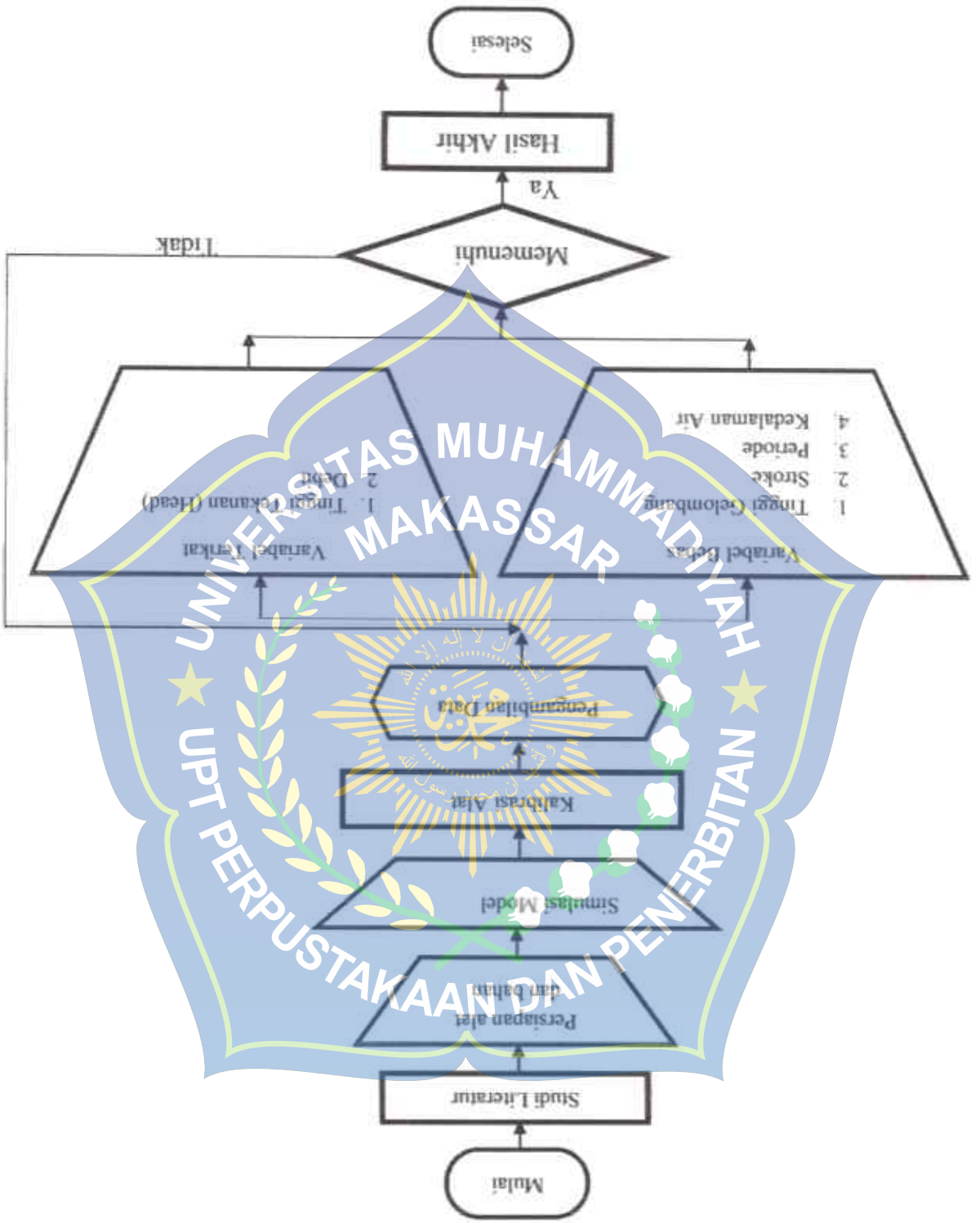
9. Mengukur air yang keluar pada lubang outlet atas dan bawah dengan waktu 10 detik setiap pengambilan air dan dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan debit.

10. Mengubah tinggi tekanan air (head) pada lubang outlet setinggi 5 cm dan ketipatannya sampai pada tinggi tekanan tidak lagi mengeluarkan air.

11. Mengulangi prosedur 1 sampai 7 sesuai dengan variasi tinggi dan periode gelombang untuk masing-masing jenis model seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 Dimensi model dan parameter gelombang diperoleh dengan mengganti posisi stroke & variator.

H. Diagram Proses Penelitian  
Sesuai dengan tujuan penelitian dan untuk membuktikan hipotesa yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, adapun variabel yang diteliti adalah mendapatkan Tinggi Gelombang (H), Periode Gelombang (T), Panjang Gelombang (L), Tinggi tekanan (H) dan Debit pada outlet (Q).

1. Flow Chart Prosedur Penelitian



Gambar 10 Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian

Dalam penentuan nilai panjang gelombang, kita dapat menggunakan dua metode, yaitu dengan metode perhitungan iterasi dari persamaan panjang gelombang dan menggunakan dua probe yang tercatat langsung di komputer dengan mempertemukan dua titik puncak gelombang sehingga dapat diketahui nilai besaran pada panjang gelombang. Untuk pengukuran dengan menggunakan bantuan dua probe di laboratorium dapat diketahui dengan mengukur panjang

## 2. Panjang Gelombang (L)

Hasanuddin akan dipaparkan sebagai berikut.

telah dilakukan di Laboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil, Universitas

detik, 1,4 detik dan 1,5 detik. Adapun hasil dari seluruh kegiatan penelitian yang

kedalaman (d) masing-masing terdiri dari 3 variasi periode (T) yaitu periode 1,3

yaitu kedalaman 0,29 m kedalaman 0,27 m dan kedalaman 0,25 m. Setiap

masing-masing probe. Kedalaman (d) yang digunakan ada 3 jenis kedalaman

gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ) dari

pompa gelombang tipe pelampung dengan diameter pipa 0,07 m, berupa tinggi

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengamatan yang dilakukan dari alat

### 1. Hasil Analisis

laboratorium hidrolika Universitas Hasanuddin, akan dipaparkan sebagai berikut.

Hasil penelitian dari seluruh kegiatan eksperimen yang telah dilakukan di

#### A. Hasil Penelitian

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### BAB IV

gelombang secara langsung yang terdiri dari satu bukit dan satu lembah.

Sedangkan untuk metode iterasi kita menggunakan data periode yang ditentukan

pada saat pra-penelitian. Dalam penelitian kali ini digunakan panjang gelombang

yang dihitung dengan metode iterasi dengan tiga data periode, yakni periode (T)

= 1,3 detik, 1,4 detik, 1,5 detik. Salah satu contoh perhitungan panjang

gelombang (L) pada kedalaman 29 cm periode 1,3 detik model pompa gelombang

dengan diameter pipa 2,0 cm adalah sebagai berikut : Diketahui

$$d = 29 \text{ cm}$$

$$T = 1,3 \text{ detik}$$

$$L_0 = 1,56 (T^2)$$

$$L_0 = 1,56 (1,3^2)$$

$$L_0 = 2,636 \text{ m}$$

$$d/L_0 = 0,29/2,636 = 0,1100 \text{ m/dtk}$$

$$d/L = 0,14961 \text{ (Lihat di tabel lampiran 1, untuk nilai } d/L_0 = 0,1100 \text{ m/dtk)}$$

$$\frac{d/L}{d} = \frac{0,14961}{0,29}$$

$$L = 1,49 \text{ m}$$

3. Data Tinggi Gelombang (H)

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan di 2 titik, 1 titik di depan dan 1 titik

dibelakang model. Jarak antara 2 titik pengukuran di depan model ditentukan pada

panjang gelombang yakni pada node dan anti node pada gelombang. Data utama

yang diamati dan dicatat selama pengujian di laboratorium adalah tinggi

gelombang di depan model dan dibelakang model. Dari hasil eksperimen dan

penelitian tinggi gelombang di tiap titik lokasi pengamatan diambil nilai tinggi

gelombang maksimum dan tinggi gelombang minimum, di depan dan di belakang

model. Pencatatan menggunakan alat probe dengan mengumpukan data tinggi

gelombang Hmax dan Hmin yang dikonservasikan ke dalam komputer sehingga

terlihat data tinggi gelombang. Data hasil pengamatan tinggi gelombang pada

pompa gelombang tipe pelampung dengan diameter 0,02 m dapat dilihat pada

tabel 5.

Tabel 5. Data hasil pengamatan tinggi gelombang pada pompa gelombang tipe pelampung diameter 0,02 m.

d	T	L	Stoke	tinggi gelombang	tinggi gelombang
m	dik	m	4	probe 1	probe 2
1	2	3	5	6	
0,29	1,3	1,49		0,071	0,074
0,29	1,4	2,12		0,057	0,060
0,29	1,5	2,31		0,047	0,050
0,27	1,3	1,45	8	0,069	0,072
0,27	1,4	2,07		0,056	0,059
0,27	1,5	2,24		0,047	0,050
0,25	1,3	1,83		0,054	0,068
0,25	1,4	2,00		0,043	0,057
0,25	1,5	2,17		0,035	0,049



#### 4. Daya Gelombang

Karena energi gelombang yang ditangkap oleh alat tidak kontinyu, maka dalam evaluasi ditinjau parameter daya rata-rata untuk satu gelombang, berdasarkan pada teori pada bab 2 persamaan 4 maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$Dw = 1/8 \times \gamma \times B \times H^2 \times v \times \lambda$$

$$Dw = 1/8 \times 1000 \times 0,3 \times 0,0056^2 \times 9,81 \times 0,29 \times 9,81$$

$$Dw = 3,49 \text{ N m/dik}$$

Dimana :

Dw = daya gelombang (N m/dik)

$\gamma$  = berat jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

H = tinggi gelombang (m)

B = lebar sume (m)

v = kecepatan perambatan gelombang (√gh)

g = gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

h = kedalaman air saluran (m)

data hasil perhitungan daya gelombang selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

#### 5. Daya Air Hasil Pemompaan

Daya yang didapatkan dari hasil pemompaan berbeda-beda untuk setiap

ketinggian. Daya air hasil pemompaan dapat dihitung menggunakan persamaan

(5) pada bab 2. Salah satu perhitungan daya pemompaan outlet bawah untuk

model pompa berdiameter (Ø) 0,02 m pada kedalaman (d) 0,29 m dengan

ketinggian pemompaan 0,34 m, periode (T) 1,3 detik adalah sebagai berikut :

$$D_v = \gamma \cdot Z \cdot Q \cdot g$$

$$D_v = 1000 \times 0,34 \times 0,000013 \times 9,81$$

$$D_v = 0,042 \text{ N m/dtk}$$

Dimana :

D<sub>v</sub> = daya hasil pemompaan (N m/dtk)

γ = berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

Z = tinggi outlet (m)

Q = debit hasil pemompaan (m<sup>3</sup>/dtk)

Berikut beberapa data hasil perhitungan daya air hasil pemompaan dengan

menggunakan model diameter (Ø) 0,02 m yang dapat dilihat pada tabel 6.

### 6. Efisiensi Pompa Gelombang

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara daya yang bekerja pada

pompa gelombang dengan daya yang didapatkan dari hasil pemompaan. Efisiensi

pompa gelombang dapat dihitung menggunakan persamaan (6) pada bab 2.

Sebagaimana yang telah di hitung sebelumnya maka besarnya efisiensi pompa

adalah sebagai berikut:

$$\eta_T = \frac{\gamma \cdot Z \cdot Q \cdot g}{1/8 \times \gamma \times B \times H \sqrt{2} \times v \times g}$$

$$= \frac{8 \times 0,34 \times 0,000013 \times 9,81}{0,3 \times 0,0056 \sqrt{2} \times \sqrt{9,81} \times 0,29 \times 9,81}$$

$$= 0,0122$$

Beberapa data hasil perhitungan efisiensi pompa gelombang menggunakan

model diameter (Ø) 0,02 m yang dapat dilihat pada tabel 6.



## 7. Daya Pompa

Daya pompa merupakan besarnya energi yang dikeluarkan pompa untuk memindahkan fluida dalam hal ini air. Berdasarkan teori pada bab 2, daya pompa dihitung menggunakan persamaan (19) Salah satu contoh perhitungan besarnya daya pompa pada model pompa dengan diameter (Ø) 0,02 m untuk menaikkan air pada ketinggian 35 cm dengan periode (T) 1,3 detik adalah sebagai berikut :

$$Dp = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{\eta}$$

$$Dp = \frac{0,00013 \times 0,34 \times 1000 \times 9,81}{0,0122}$$

$$= 3,49 \text{ N/dtk}$$

Berikut beberapa hasil perhitungan daya pompa dengan menggunakan model diameter (Ø) 0,02 m yang dapat dilihat pada tabel 6.

## 8. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dapat kita hitung menggunakan persamaan (21). Berdasarkan debit yang dihasilkan oleh model pompa berdiameter (Ø) 0,02 m pada kedalaman (d) 0,29 m dengan periode (T) 1,3, stroke 8 dan tinggi pemompaan 0,35 m. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Kecepatan aliran yang keluar dari outlet bawah

$$V = Q/A$$

$$= 0,000013 / 0,00314$$

$$V = 0,041 \text{ m/dtk}$$

Dimana :

$$V = \text{kecepatan (m/dtk)}$$

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{dtk)}$$

$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

Berikut beberapa data hasil perhitungan kecepatan aliran pada model

dengan diameter ( $\phi$ ) 0,02 m yang dapat dilihat pada tabel 6.

9. Menentukan Tinggi Tekanan Pompa

a. Tekanan Hidrostatik

Zat cair dalam wadah selalu tertarik ke bawah karena adanya gaya

gravitasi. Adanya gaya tarik kebawah ini menyebabkan adanya tekanan zat

cair pada dasar wadahnya. tekanan zat cair yang hanya disebabkan oleh gaya

beratnya sendiri disebut Tekanan Hidrostatik. Tekanan hidrostatik merupakan

tekanan yang diberikan zat cair ke semua arah pada suatu benda akibat

adanya gaya gravitasi. Tekanan hidrostatik akan meningkat seiring dengan

bertambahnya kedalaman yang diukur dari permukaan zat cair,

Tekanan hidrostatik pada titik kedalaman berapapun tidak dipengaruhi oleh

berat air luasan permukaan air, ataupun bentuk bejana air. Perhitungan ini

digunakan data model  $\phi$  0,02 m, periode (T) 1,3, pada ketinggian outlet

0,35 m. Tekanan hidrostatik ( $p$ ) zat cair dengan massa jenis pada kedalaman  $h$

dan percepatan gravitasi  $g$  dihitung dengan persamaan 22 :

1. Untuk outlet bawah

$$P = \rho \times g \times H$$

$$P = 1000 \times 9,81 \times 0,1803$$

$$P = 1768,743 \text{ Pa}$$

Dimana :

$$P = \text{tekanan (Pa)}$$

$$P = \text{massa jenis air (kg/m}^3)$$

$$H = \text{ketinggian air (m)}$$

2. Untuk outlet atas

$$P = \rho \times g \times H$$

$$P = 1000 \times 9,81 \times 0,15$$

$$P = 1473,756 \text{ Pa}$$

b. Tekanan akibat gaya

Tekanan pada pompa tidak hanya disebabkan oleh tekanan hidrostatik tapi

juga dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada pompa. Adapun yang variabel yang

mempengaruhi tekanan pompa yaitu berat pelampung untuk outlet bawah dan

daya gelombang untuk outlet atas. Yang mana diketahui berat pelampung 1 kg di

udara. Dan daya akibat gelombang berbeda-beda berdasarkan tinggi gelombang.

Pada perhitungan kali ini kita akan menggunakan daya gelombang yang

dihasilkan model  $\varnothing 0,02 \text{ m}$ , periode (T) 1,3, stroke 8 pada ketinggian outlet 35

cm. Berikut perhitungan tekanan teknan yang disebabkan oleh gaya :

1. Untuk outlet bawah:

$$M = 1,0 \text{ kg}$$

$$F = m \times g = 1,0 \times 9,81 = 9,81 \text{ N}$$

$$A \text{ tabung} = \pi r^2 = 3,14 \times 0,01^2 = 0,000314 \text{ m}^2$$

Sehingga :

$$P = F/A = \frac{1,0 \times 9,81}{0,000314}$$

$$= 31242 \text{ Pa}$$

Berikut beberapa data hasil perhitungan tekanan pompa dengan menggunakan model diameter ( $\phi$ ) 0,02 m yang dapat dilihat pada tabel 6.

$$= 8063,874 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{total}} = 1473,756 + 6590,117$$

Untuk outlet atas:

$$= 33011 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{total}} = 1768,743 + 31242$$

Untuk outlet bawah:

Sehingga total tekanan yang di hasilkan adalah sebagai berikut

$$= 6590,117 \text{ Pa}$$

$$= \frac{0,000314}{2,069}$$

$$P = \frac{A_{\text{piston}}}{F}$$

Sehingga :

$$A_{\text{labung}} = 0,000314 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{v}{Dw} = \frac{3,49}{\sqrt{(9,81 \times 0,29)}} = 2,069 \text{ N}$$

$$Dw = 2,188 \text{ N m/dik}$$

2. Untuk outlet atas:

Tabel 6. Data analisis daya gelombang, daya air hasil pompa, dan efisiensi pompa dan daya pompa pada kedalaman 0,29 m

kedalaman	stroke	periode (detik)	daya gelombang (W m/dtk)	5 daya air hasil pompa (N m/dtk)	6 efisiensi pompa	daya pompa (W m/dtk)	kecepatan aliran (m/detik)	tinggi tekanan atas (Pa)	tinggi tekanan bawah (Pa)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,29		1,3	3,49	0,042	0,012	3,490	0,041	8063,874	33010,781
		1,4	2,23	0,028	0,013	2,234	0,027	5691,137	33010,487
		1,5	1,68	0,022	0,013	1,678	0,021	4641,307	33010,291
0,27	8	1,3	3,19	0,032	0,010	3,191	0,033	7497,562	33010,389
		1,4	2,38	0,023	0,010	2,376	0,023	5959,848	33010,095
		1,5	1,62	0,019	0,012	1,619	0,019	4530,018	33009,898
0,25		1,3	1,62	0,021	0,015	1,618	0,022	4528,059	33009,781
		1,4	1,44	0,019	0,013	1,440	0,020	4191,738	33009,506
		1,5	1,22	0,013	0,011	1,219	0,015	3773,245	33009,310

## 10. Pengambilan Debit

Hasil simulasi pengambilan data debit didapatkan dari pencatatan secara manual dimana, untuk mendapatkan hasil debit dilakukan ranning pada alat pompa gelombang berdiameter 0,02 m dengan memanfaatkan tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh mesin pembangkit gelombang yang terdiri dari mesin utama, pulley yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada stroke sehingga menggerakkan flap pembangkit gelombang dengan pengaturan stroke dan periode yang telah ditentukan. Kemudian gelombang yang terjadi akan menggerakkan pelampung pada pompa gelombang yang bergerak secara vertikal dan menghasilkan debit pada pompa yang kemudian dikeluarkan melalui outlet yang dipasang pada bagian atas dan bawah tabung pompa, kemudian dilakukan pengambilan debit yang dihasilkan oleh pompa dengan cara pengambilan secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebagai alat untuk kemampuan debit yang keluar dari outlet atas dan bawah dari alat pompa gelombang dengan pengaturan stroke dan periode yang telah ditetapkan dengan ranning selama 10 detik pengambilan debit. Sehingga didapat jumlah debit pada gelas ukur dengan satuan ml/10 detik yang kemudian dikonversikan menjadi m<sup>3</sup>/detik. Berikut adalah hasil pengambilan data debit pada laboratorium dengan waktu 10 detik/1 kali pengambilan data debit yang dihasilkan dari alat pompa gelombang. Data debit pada kedalaman 0,29 m, 0,27 m, 0,25 m, dengan periode 1,3 detik, 1,4 detik, 1,5 detik, sampai pada ketinggian outlet tertentu. Jumlah debit yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 7:



Tabel 7. Data hasil pengambilan debit pada kedalaman 0,29 m, periode 1,3.

jenis model	kedalaman	periode gelombang	strok	tinggi outlet	aktu rambai	debit air masuk bawah	rata-rata debit bawah	debit air masuk atas	rata-rata debit atas	total debit	
m	m	dk		m	detik	ml/dtk	ml/dtk	ml/dtk	ml/dtk	ml <sup>3</sup> /dtk	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,02	0,29	1,30	8,00	0,34	10	90,20	89,97	37,20	36,67	126,63	0,0000013
				0,29		88,60		38,70			
				0,44		91,10		34,10			
				0,40		61,50		66,47		25,17	0,0000009
				0,54		70,10		25,70			
				0,59		64,80		25,50			
				0,64		32,30		20,00		20,53	0,0000007
				0,69		50,00		21,60			
				0,74		53,10		20,00			
						35,10		12,70		12,87	0,0000005
						33,70		13,50			
						39,60		12,40			
						25,40		25,63		7,73	0,0000003
						25,20		8,00			
						26,30		7,40			
						19,30		3,80		3,60	0,0000002
						18,10		3,50			
						18,70		3,50			
						14,10		0,00		0,00	0,0000001
						14,00		0,00			
						12,80		0,00			
						9,50		8,73		0,00	0,0000001
						8,80		0,00			
						8,20		0,00			
						3,40		3,27		0,00	0,0000000
						3,90		0,00			
						2,50		0,00			

Sambungan Tabel 7. Data hasil pengamblian debit pada kedalaman 0,29 m, periode 1,3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,02	0,29	1,40	8,00	0,34	0,34	50,90	50,17	16,10	15,97	66,13	0,0000007
				0,39	0,39	49,40		15,80			
				0,44	0,44	50,20		16,00			
				0,49	0,49	28,40	28,10	8,30	8,30	36,40	0,0000004
				0,54	0,54	28,10		8,70			
				0,59	0,59	16,10	16,07	3,90	4,17	20,23	0,0000002
				0,64	0,64	16,10		4,20			
				0,69	0,69	16,10		4,40			
				0,74	0,74	8,30	8,37	0,00	0,00	7,87	0,0000001
				0,79	0,79	7,80		0,00			
				0,84	0,84	2,70	2,60	0,00	0,00	2,60	0,0000000
				0,89	0,89	3,00		0,00			
				0,94	0,94	50,90	50,17	6,10	15,97	66,13	0,0000007
				0,99	0,99	49,40		5,80			
				1,04	1,04	50,20		16,00			
				1,09	1,09	28,40	28,10	8,30	8,30	36,40	0,0000004
				1,14	1,14	28,10		8,70			
				1,19	1,19	27,80		7,90			
				1,24	1,24	13,70	13,07	3,90	4,17	20,23	0,0000002
				1,29	1,29	16,40		4,20			
				1,34	1,34	16,40		4,40			
				1,39	1,39	8,30	7,87	0,00	0,00	7,87	0,0000001
				1,44	1,44	7,80		0,00			
				1,49	1,49	7,50		0,00			
				1,54	1,54	2,10	2,60	0,00	0,00	2,60	0,0000000
				1,59	1,59	2,70		0,00			
				1,64	1,64	3,00		0,00			

**B. Pembahasan**

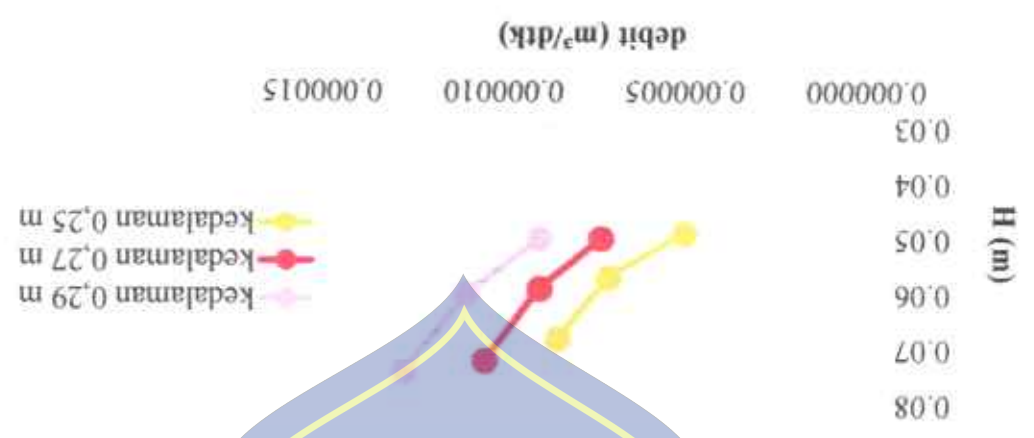
Hasil pengamatan dari kerja alat pompa gelombang tipe pelampung dengan diameter pipa 0,02 m terdapat beberapa variasi kedalaman dan periode yang berbeda yakni kerja alat pompa gelombang dengan variasi kedalaman 0,29 m, 0,27 m, 0,25 m dan tiga periode yaitu periode 1,3, 1,4, dan 1,5. Pembahasan untuk hasil dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan yang akan dijelaskan sebagai berikut

**a. Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Debit Pada Pompa Gelombang**

**Tipe Pelampung**

Tabel 8. Data pengaruh tinggi gelombang terhadap debit yang dihasilkan pada kedalaman 0,29 m, 0,27 m, 0,25 m.

periode	H (m)	debit (m <sup>3</sup> /dk)	H (m)	debit (m <sup>3</sup> /dk)	H (m)	debit (m <sup>3</sup> /dk)
1,3	0,074	0,000013	0,072	0,000011	0,068	0,000009
1,4	0,060	0,000011	0,059	0,000009	0,057	0,000007
1,5	0,050	0,000009	0,050	0,000007	0,049	0,000005



Gambar 11. Hubungan tinggi gelombang terhadap debit.

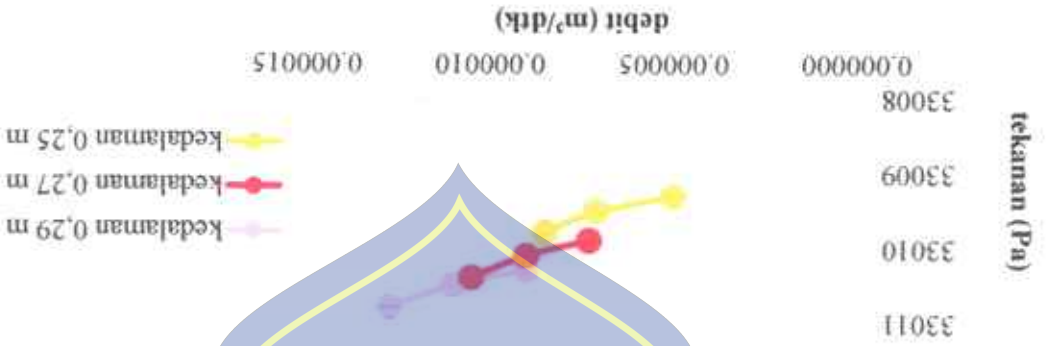
Berdasarkan gambar 11 menunjukkan bahwa semakin tinggi gelombang maka

semakin besar pula jumlah debit yang dihasilkan pada alat pompa gelombang tipe pelampung dengan tabung pipa berdiameter 0,02 m. Pada gambar 11 menunjukkan bahwa jumlah debit tertinggi yang dihasilkan berada pada gelombang tertinggi dengan tinggi gelombang sebesar 0,074 m menghasilkan jumlah debit 0,00013 m<sup>3</sup>/dk.

**b. Pengaruh Tekanan Terhadap Debit Pada Pompa Gelombang Tipe Pelampung**

Tabel 9. Pengaruh Tekanan Terhadap Debit pada pompa gelombang tipe pelampung.

periode	kedalaman 0,29 m		kedalaman 0,27 m		kedalaman 0,25 m	
	tekanan (Pa)	debit (m <sup>3</sup> /dk)	tekanan (Pa)	debit (m <sup>3</sup> /dk)	tekanan (Pa)	debit (m <sup>3</sup> /dk)
1,3	33010,781	0,000013	33010,389	0,000011	33009,781	0,000009
1,4	33010,49	0,000011	33010,09	0,000009	33009,51	0,000007
1,5	33010,29	0,000009	33009,90	0,000007	33009,31	0,000005



Gambar 12. Pengaruh tekanan terhadap debit pada pompa gelombang tipe pelampung.

berdasarkan gambar 12 menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang dihasilkan pada piston maka semakin banyak pula debit yang dihasilkan.

begitupun sebaliknya semakin tinggi tekanan maka semakin kecil debit yang dihasilkan. Terlihat pada gambar 12 bahwa perbandingan antara kedalaman 0,29 m, 0,27 m, dan 0,25 m menunjukkan bahwa tekanan tertinggi berada pada kedalaman 0,29 m dan menghasilkan debit sebesar 0,00013 m<sup>3</sup>/dik.

c. Pengaruh Tinggi Gelombang Terhadap Tekanan

Tabel 10. Data pengaruh tinggi gelombang dan tekanan pada kedalaman 0,29 m, 0,27 m, 0,25 m.

stroke	kedalaman 0,29 m		kedalaman 0,27 m		kedalaman 0,25 m	
	H (m)	Tekanan (Pa)	H (m)	Tekanan (Pa)	H (m)	Tekanan (Pa)
1,3	0,074	33010,781	0,072	33010,389	0,068	33009,781
1,4	0,06	33010,487	0,059	33010,095	0,057	33009,506
1,5	0,05	33010,291	0,050	33009,898	0,049	33009,310



Gambar 13. Pengaruh tinggi gelombang dan tekanan terhadap pada pompa gelombang tipe pelampung.

berdasarkan gambar 13 menunjukkan bahwa semakin tinggi gelombang maka semakin tinggi pula tekanan yang dihasilkan pada piston, begitupun sebaliknya semakin rendah tinggi gelombang maka semakin kecil pula tekanan yang dihasilkan. Terlihat pada gambar 13 bahwa perbandingan antara kedalaman



0,29 m, 0,27 m, dan 0,25 m menunjukkan bahwa tekanan tekaman tertinggi berada pada kedalaman 0,29 m dengan tinggi gelombang sebesar 0,074 m dan menghasilkan tinggi tekaman sebesar 33010,781 Pa.

yang maximal.

2. variasi pompa gelombang ditambahkan untuk mendapat perbandingan debit

akurat.

sebaik-baiknya sehingga hasil pembacaan tinggi gelombang dapat lebih

1. alat pembacaan tinggi gelombang (probe) diperhatikan dan diperiksa dengan

berikut:

penulis menyarankan penelitian ini masih perlu penelitian untuk kondisi

Penulis sadar dalam penelitian ini masih jauh dan sempurna, oleh karena itu

## B. Saran

0,02 m yaitu  $0,000013 \text{ m}^3/\text{detik}$

2. Besar debit yang dihasilkan oleh pompa gelombang tipe plampung diameter

yang menghasilkan tekanan sebesar  $33010,781 \text{ Pa}$ .

gelombang berada pada kedalaman  $0,29 \text{ m}$  dengan tinggi gelombang  $0,074 \text{ m}$

pompapun semakin besar, tekanan terbesar yang dihasilkan oleh pompa

dimana semakin tinggi sebuah gelombang maka tekanan yang bekerja pada

1. Tinggi gelombang dan tekanan cukup berpengaruh pada pompa gelombang

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

## A. Kesimpulan

## KESIMPULAN DAN SARAN

## BAB V

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Al Mahfazur Rhman, Md. Moniruzzaman, M. Al Mamun. 2017. *Estimasi Potensi Energi Point Absorber Konverter Energi Gelombang Tipe Pelampung*.
- Almarif Fahrey Nuh, dan Wiwick Hendrowati. 2016. *Studi Eksperimental Energi Listrik yang Dihasilkan oleh Mekanisme Mean Wave Energy Harvester Tipe Pelampung Bola dengan Metode Cantilever Piezoelectric* (jurnal Teknik ITS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Budi Haryanto, Radiana Triandaja, Nizam. *Optimasi Pompa Air Laut Energi Gelombang*.
- Danu Ardianto, Jodri, Annisa Adhiana. 2016. *Pelacakan Keluaran Sistem Linear Piston Tangkal Dengan Kontrol Panjang Batang Penghubung Pelampung Dan Piston* (jurnal).
- Dr. Ir. Suprpto, M.Eng. 2014. *Teknologi konversi energi gelombang laut Dengan pompa tenaga gelombang Dan timer magnetic*. Pustitbang Sumber Daya Air
- Dwi Prasetyo Utomo, Muhammad Agus Sabhana, Nova Risdyanis Ismail. 2014. *Perbedaan Diameter Pelampung Terhadap Kinerja (Seawave Energy Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik*. (jurnal, Perom)
- I Putu Samskerta, Juventus W.R. Ginting, Sucarta. *Pemanfaatan Energi Gelombang Laut Dengan Pompa Gelombang Flap Horizontal*. Balai Pantai-Pustitbang Sumber Daya Air 2014
- Jamrud Aminuddin, R. Farzand Abdullah, dan Wihantoro. 2015. *Persamaan Energi Untuk Perhitungan Dan Pemetaan Area Yang Berpotensi Untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut* (jurnal), Universitas Jenderal Soedirman
- Juventus W. Ginting, dan I Ketut D. S. 2018. *Kinerjanya Prototype Papan Osilasi Pada Pompa Flap Tenaga Gelombang Untuk Pemanfaatan Mata Air Di Pantai Banyu Asri, Kota Singaraja - Bali* (Jurnal Teknik Hidraulik).
- Rais Yudianto, Eko Sasmito Hadi, Kiryanto 2016. *Desain konverter gelombang bentuk tabung sebagai sumber pembangkit listrik diperairan laut Jawa*.





Teguh Dwyono. 2006. Pengaruh Variasi Besar, Tinggi Gaya Tekan, Dan Kemiringan Pipa (Ujung Terhadap Head Pada Alat Peraga Hukun Pascal Untuk Mekanika Elevasi Muka Air.

Tri Alfansuri, dan Efrida Arfa Zuliani. 2014. Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Di Perairan Malang Selatan (Jurnal), Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantar. Beta Offset, Yogyakarta



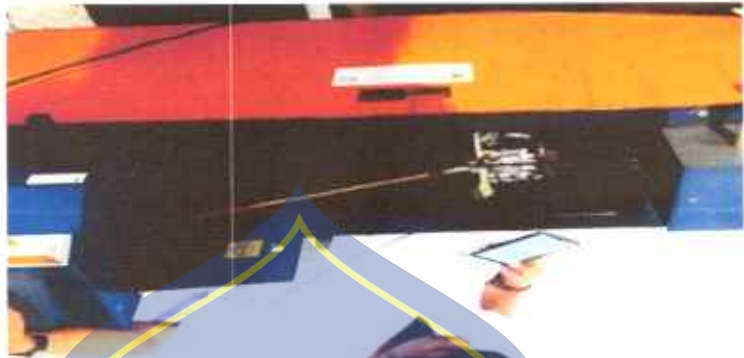
Proses Pembuatan alat



DOKUMENTASI

LAMPIRAN

Pengaturan periode dan stroke







Proses pengambilan data debit



Pengamatan tinggi belombang secara langsung







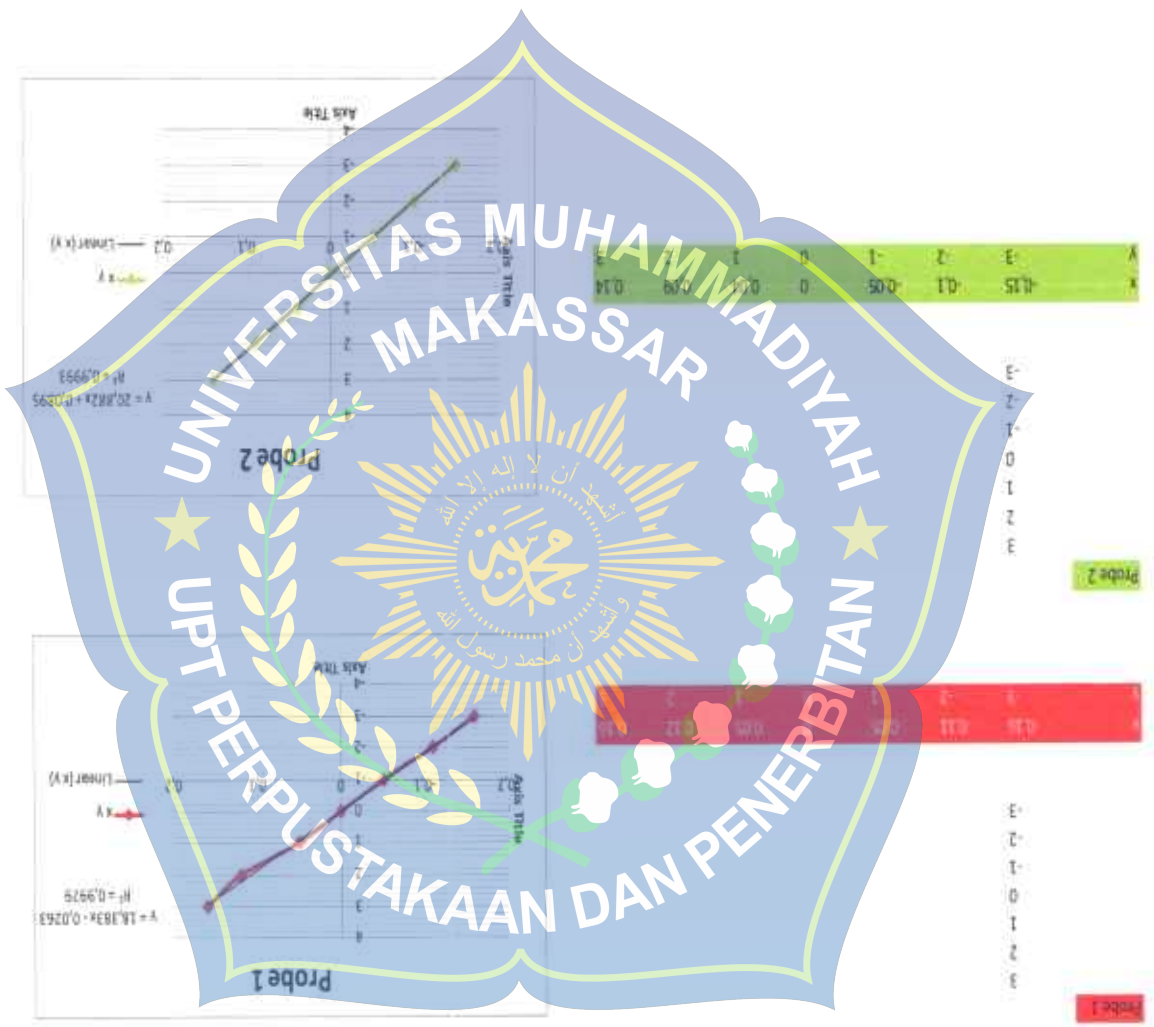
Proses perekaman data tinggi gelombang menggunakan aplikasi Wave view



Pengamatan tinggi pergerakan piston



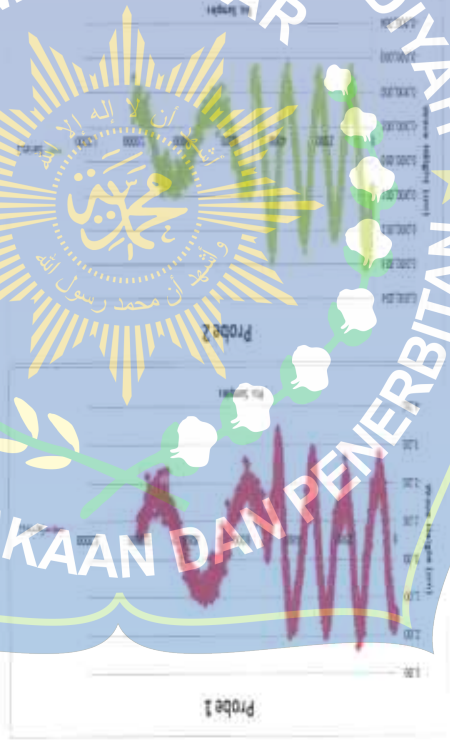




Data kalibrasi Probe (Kedalaman d = 29 cm)

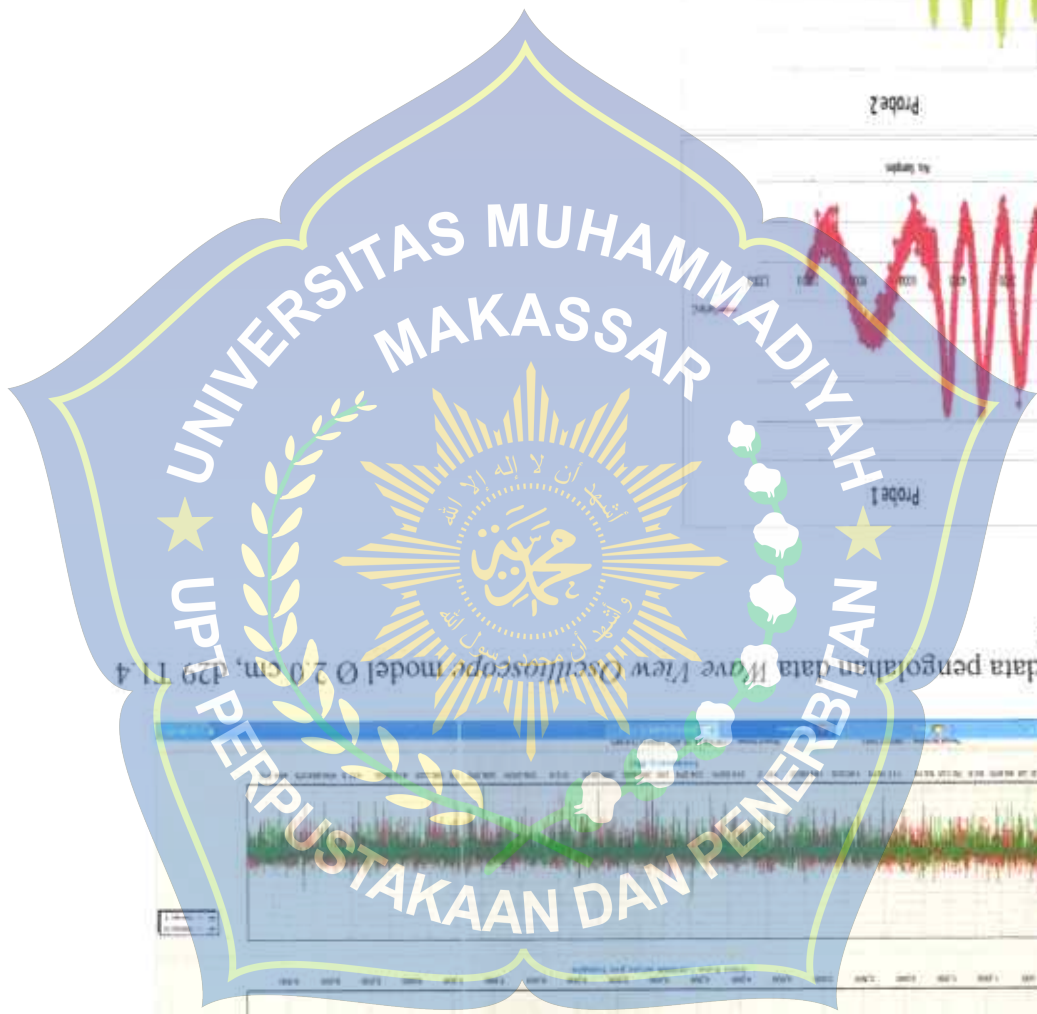
LAMPIRAN

Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model Ø 2.0 cm, d29 T1.3 Stroke 8



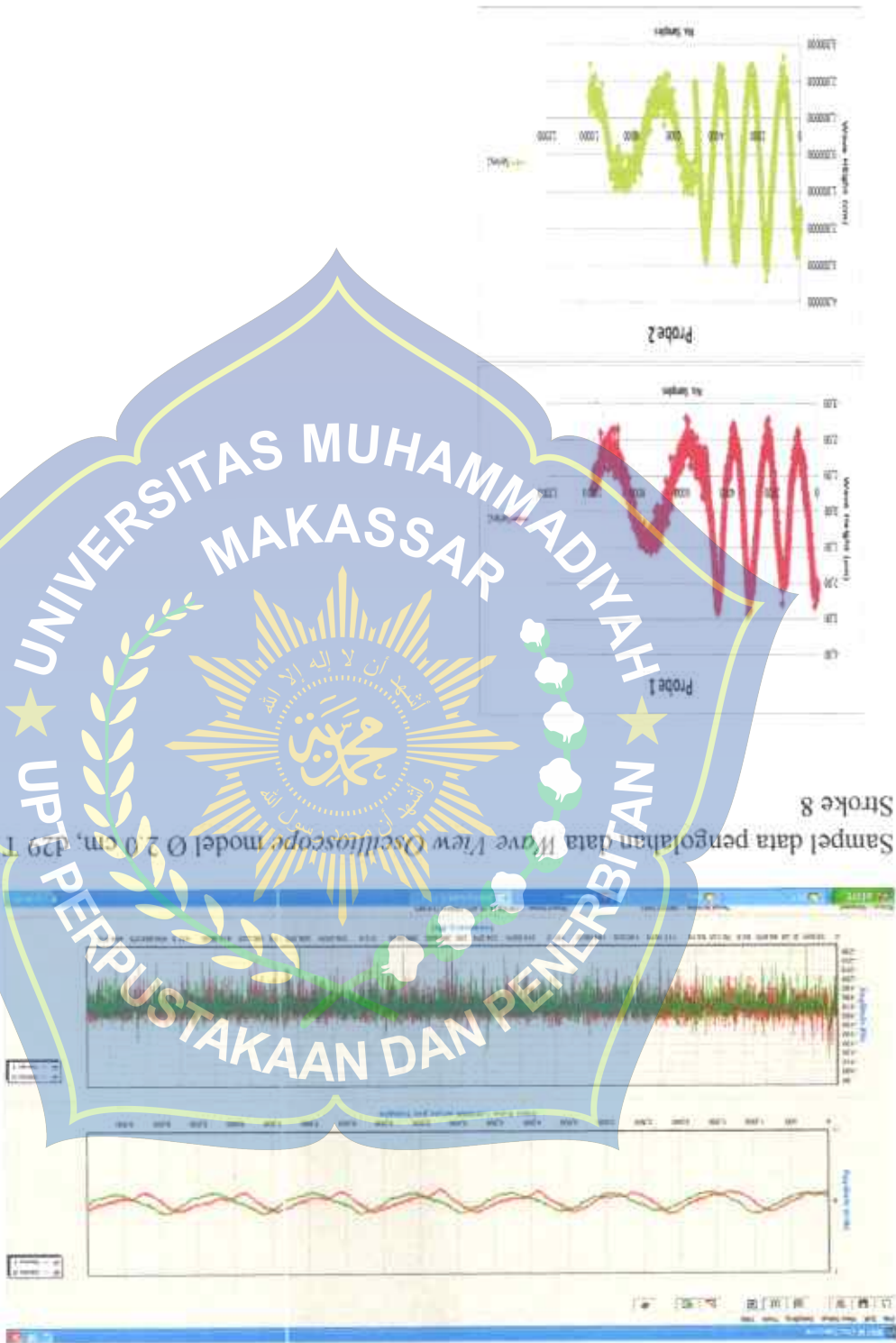
Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model Ø 2.0 cm, d29, T1.3 Stroke 8.



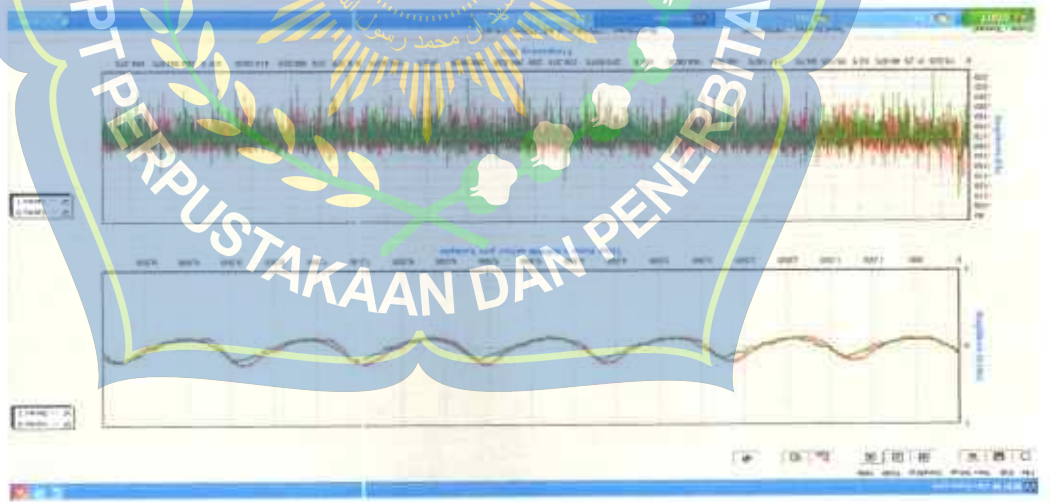


Sampel data pengolahan data Wave View Oscilloscope model Q 2.0 cm, 129 T1.4

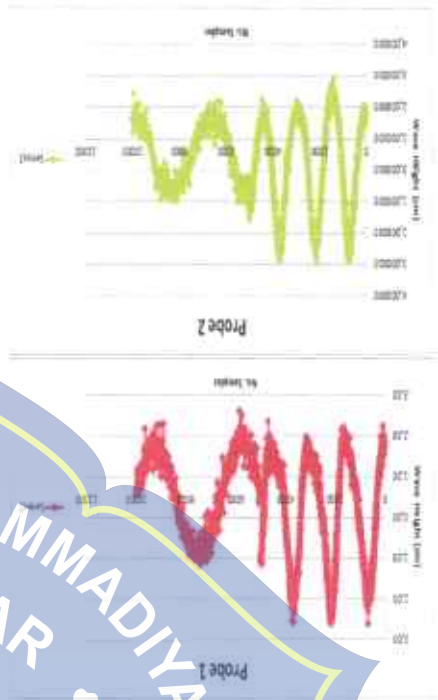
Stroke 8



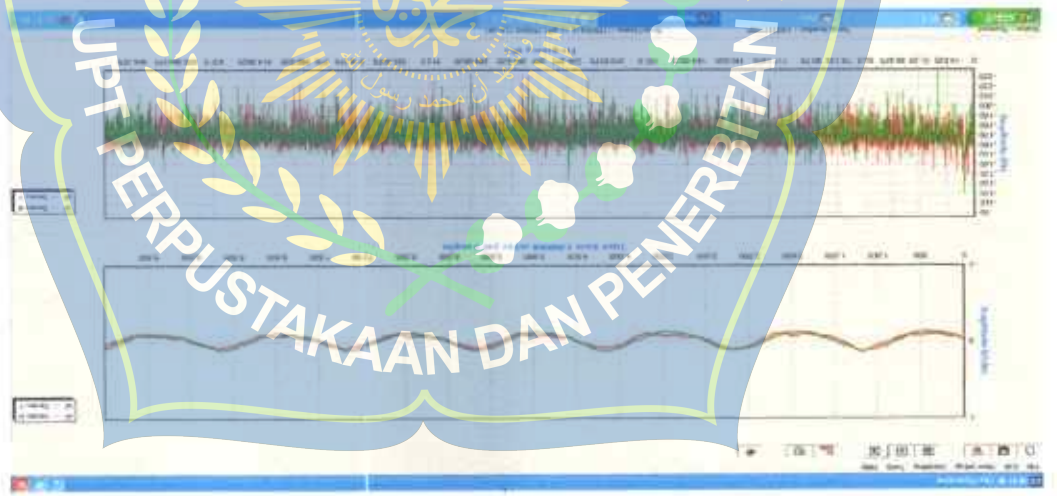
Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d29, T1.4 Stroke 8.



Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d29 T1.5 Stroke 8

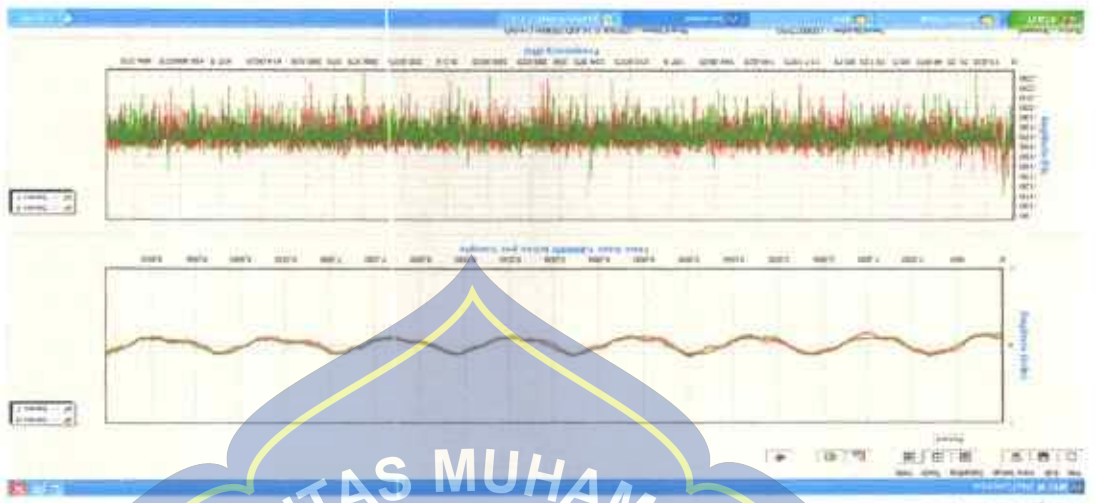


Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model Q 2.0 cm, d 27, T 1.3, stroke 8

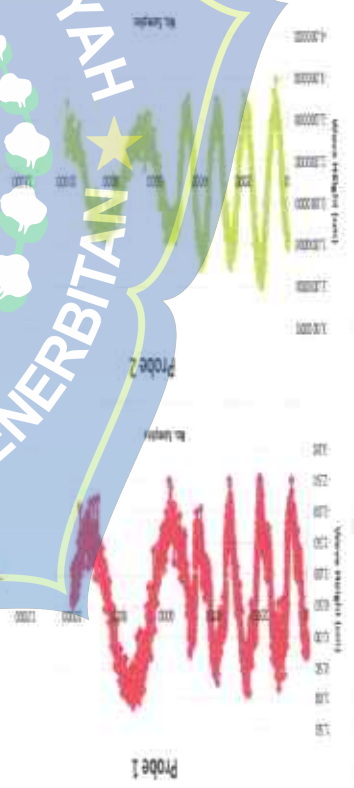
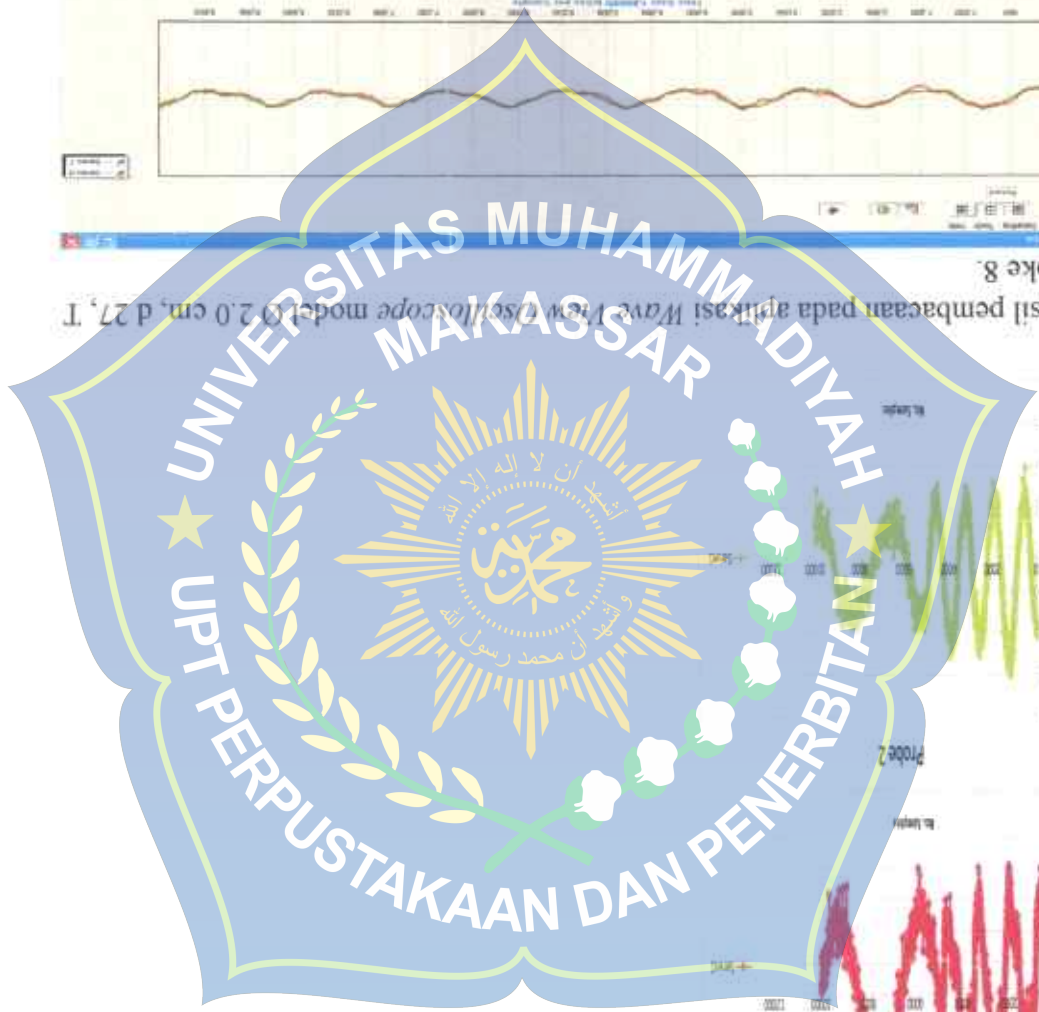


Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model Q 2.0 cm, d29, T1.5 Stroke 8.

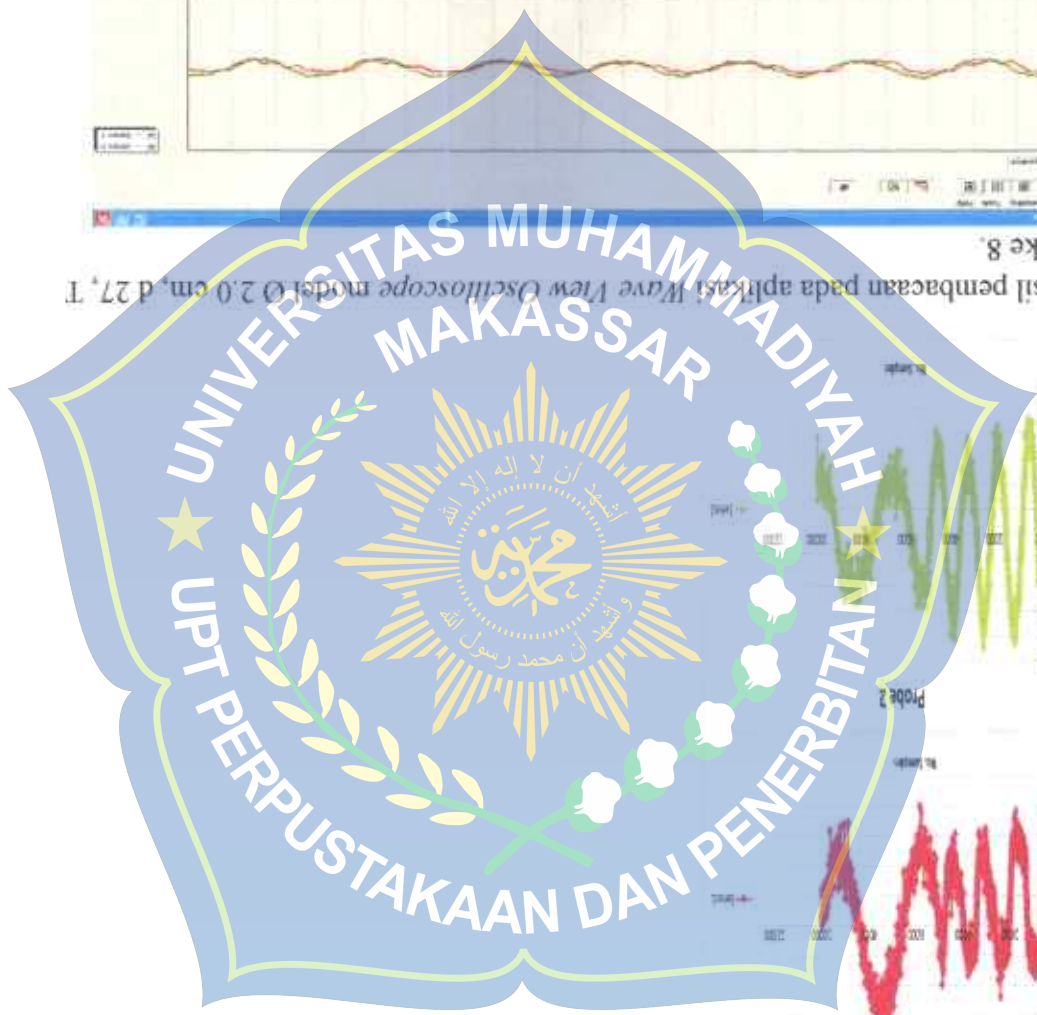




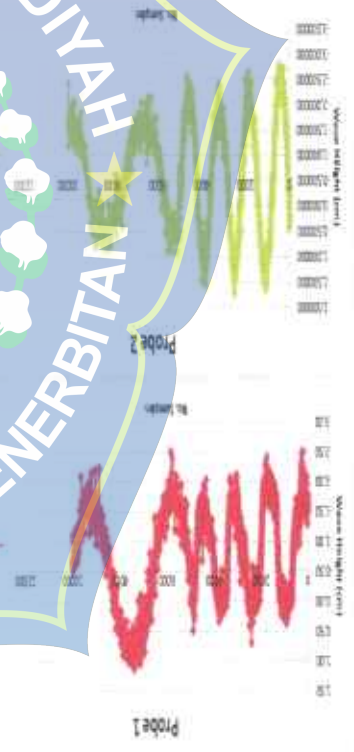
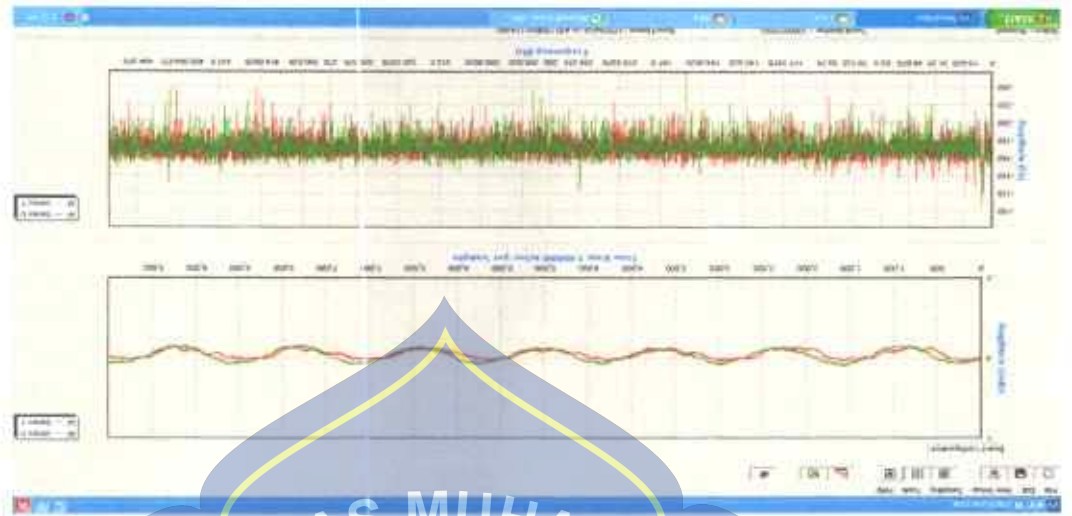
1.3, stroke 8.  
 Data hasil pembacaan pada aplikasi Wave Form Telescope model D 2.0 cm, d 27, T



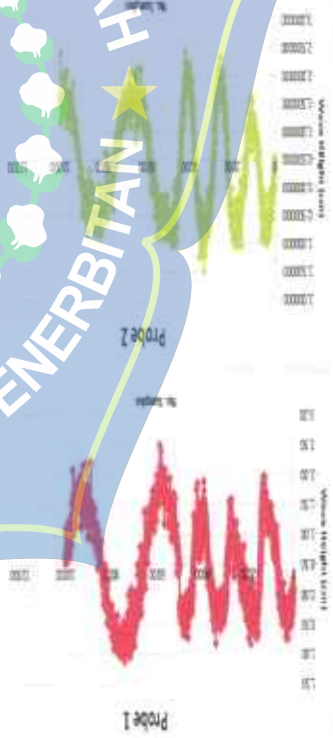
Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing$  2.0 cm, d 27, T 14, stroke 8



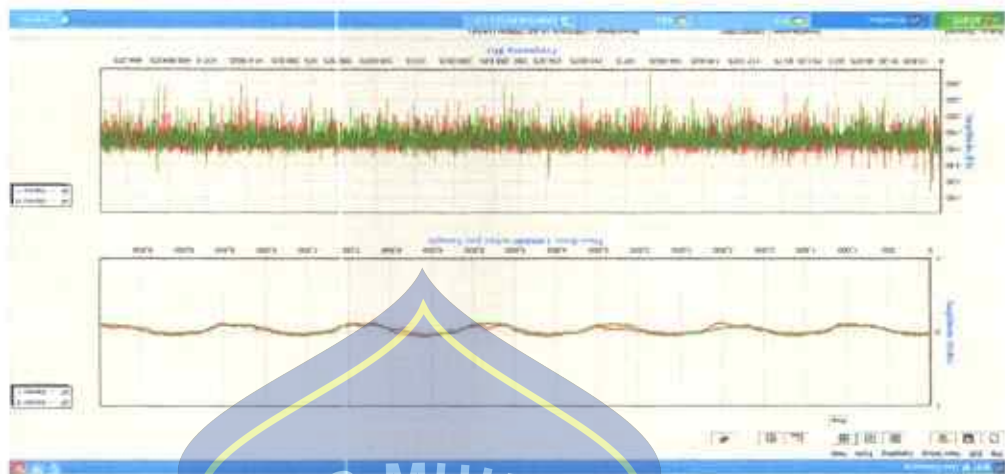
Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing$  2.0 cm, d 27, T 14, stroke 8.



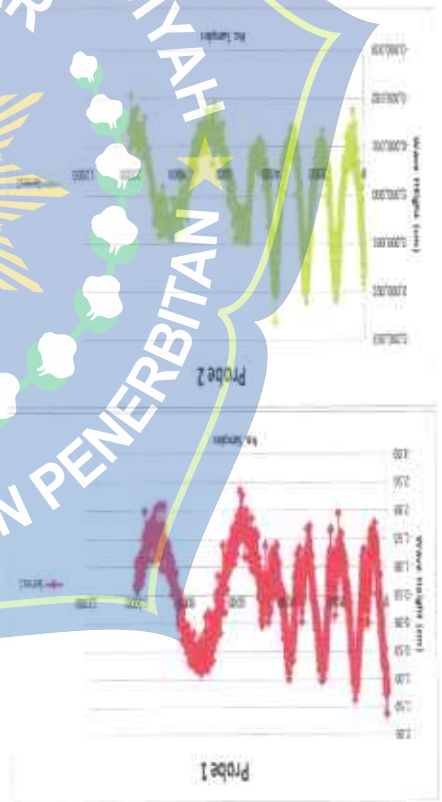
Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing$  2.0 cm, d 27, T 1.5, stroke 8



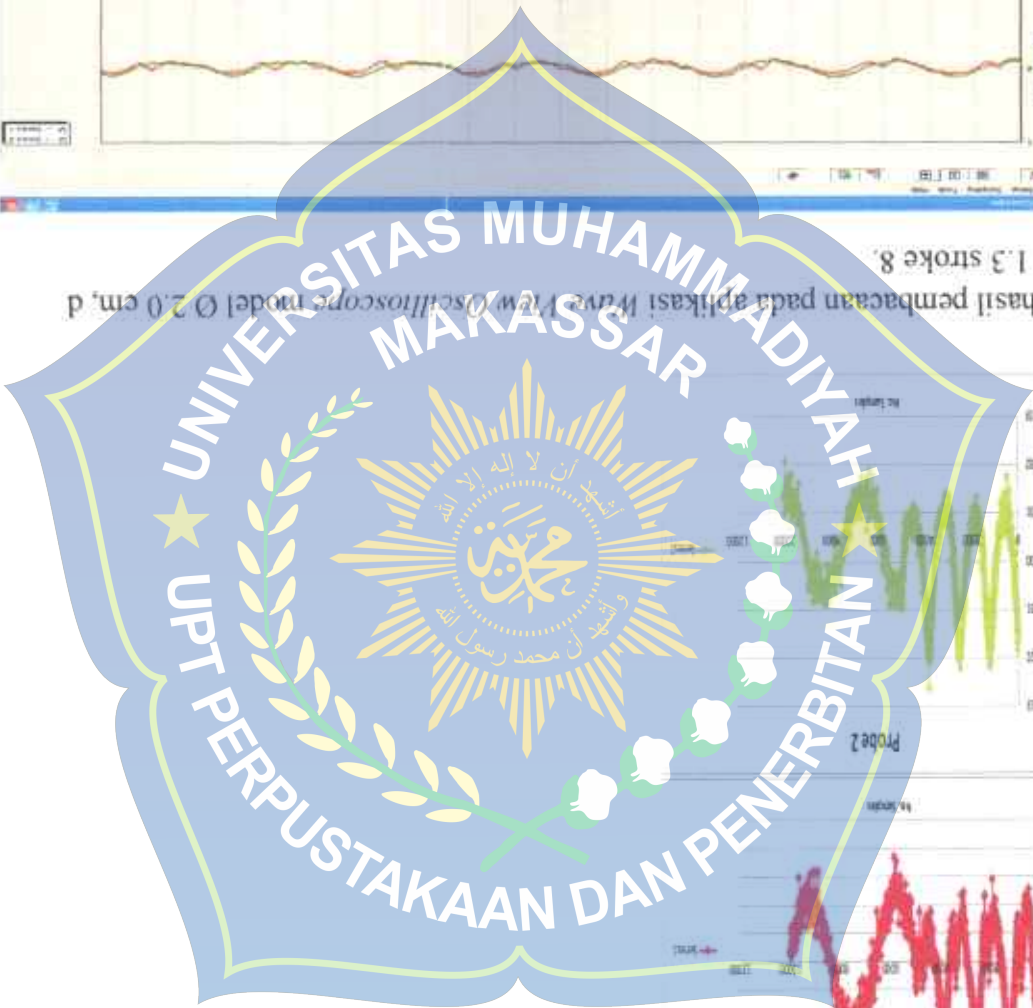
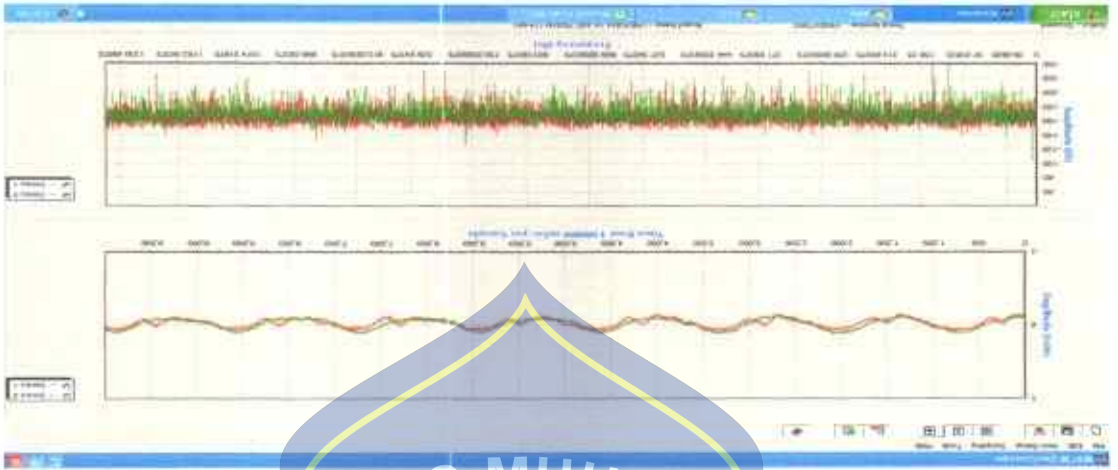
Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing$  2.0 cm, d 27, T 1.5, stroke 8



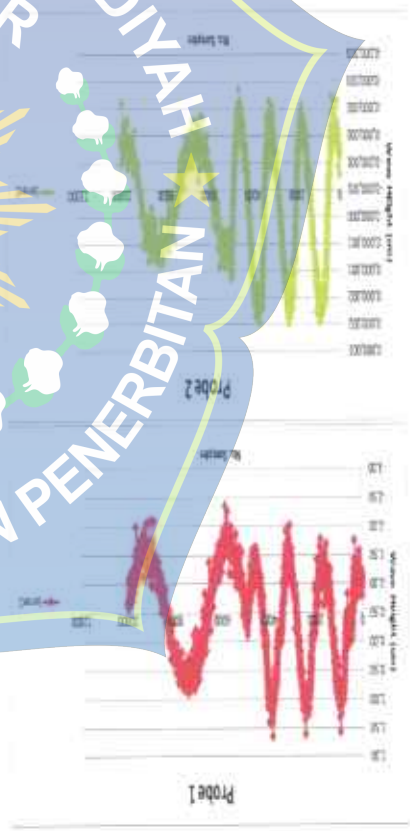
Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d 25, T 1.3 stroke 8



Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d 25, T 1.3 stroke 8



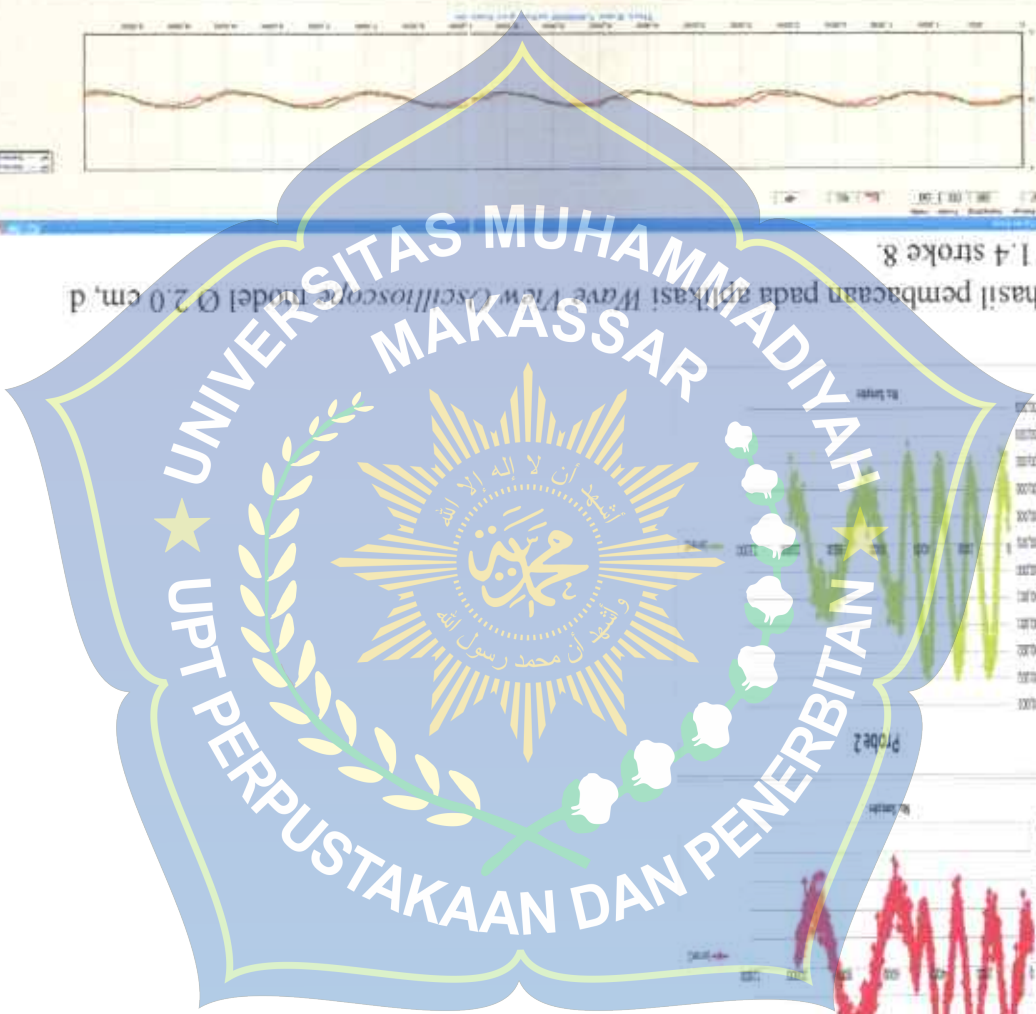
Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d 25, T 1.4 stroke 8



Data hasil pembacaan pada aplikasi *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d 25, T 1.4 stroke 8.



Sampel data pengolahan data *Wave View Oscilloscope* model  $\varnothing 2.0$  cm, d 25, T 1.5 stroke 8





Data hasil pembacaan pada aplikasi Wave View (Oscilloscope model 2.0 cm, d

25, T 1.5 stroke 8

