

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG TERHADAP TEKANAN PADA
POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG**



Oleh :

RIA SARI

ABDUL KHAIR KURANI

105 811 1058 16

105 811 1061 16

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

**PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG TERHADAP TEKANAN 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 :

RIA SARI
105811105816

ABDUL KHAIR KURANI
105811105816

31/03/2021

1 ccg
Smb. Alumni

P1 0013/SIP/2100
SAR

P¹

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

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, e-mail : unismuh@gmail.com

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG TERHADAP TEKANAN PADA POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG.**

Nama : Ria Sari
Abdul Khair Kurani

No. Stambuk : 105 81 11058 16
105 81 11061 16

Makassar, 15 Rajab 1442 H
27 Februari 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM
NBM. 1183 084



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

kripsi atas nama Ria Sari dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11058 16 dan Abdul Khair urani dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11061 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 27 Februari 2021.

15 Rajab 1442 H

Makassar,

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. Hj. Fenty Daud S, MT

2. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

3. Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT

Mengetahui:

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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



Dekan

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

NBM : 855 500

ABSTRAK

Pemanfaatan energi gelombang laut dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah dengan cara alternatif menggunakan pompa gelombang tipe pelampung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter tabung yang efektif terhadap tekanan pompa gelombang tipe pelampung untuk menghasilkan debit yang maksimal. Penelitian ini dilakukan dengan cara model diletakkan di tengah kolam simulasi gelombang dengan frekuensi dan amplitudo tertentu. Selanjutnya gerakan naik-turun pelampung akan menggerakkan poros dan akan memutar generator. Terdapat beberapa variasi diameter tabung yaitu diameter \emptyset 2.0 cm, \emptyset 2.5 cm, dan \emptyset 3.0 cm dengan Periode (T) 1.3 detik, 1.4 detik, dan 1.5 detik serta menggunakan Stroke (pembangkit) 6, 7 dan 8. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan pompa berdiameter (\emptyset) 2.0 cm pada periode (T) 1.3 detik dan stroke 8 adalah 33233,468 Pa dengan jumlah debit (Q) sebesar 0,0000127 m³/detik, pada pompa berdiameter (\emptyset) 2.5 cm periode (T) 1.3 detik dan stroke 8 adalah 21956,904 Pa dengan jumlah debit (Q) sebesar 0,0000160 m³/detik dan pada pompa berdiameter (\emptyset) 3.0 cm periode (T) 1.3 detik dan stroke 8 adalah 15817,920 Pa dengan jumlah debit (Q) sebesar 0,0000230 m³/detik. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tabung yang efektif terhadap tekanan pompa adalah tabung berdiameter 3.0 cm, karena tekanan pompa kecil dan menghasilkan debit yang besar.

Kata Kunci : Diameter tabung, Tekanan, Pompa pelampung, debit (Q).

ABSTRACT

Utilization of marine wave energy can be done in a variety of ways, one of which is by alternative means of using a buoy-type wave pump. This study aims to determine of effective tube diameter variation on buoy type wave pump pressure to produce maximum discharge. This study was conducted by way of a model placed in the middle of a wave simulation pool with a certain frequency and amplitude. Further up and down the buoy will move the shaft and will rotate the generator. There are several variations in tube diameter, namely diameter \emptyset 2.0 cm, \emptyset 2.5 cm, and \emptyset 3.0 cm with Period (T) 1.3 seconds, 1.4 seconds, and 1.5 seconds and using Stroke (generator) 6, 7 and 8. From the results of the study showed that the pressure produced by the pump diameter (\emptyset) 2.0 cm in the period (T) 1.3 seconds and stroke 8 is 33233,468 Pa with the amount of discharge (Q) of 0.0000127 m³/s, at the pump diameter (\emptyset) 2.5 cm period (T) 1.3 seconds and stroke 8 is 21956,904 Pa with total discharge (Q) of 0.0000160 m³/s and at pump diameter (\emptyset) 3.0 cm period (T) 1.3 seconds and stroke 8 is 15817,920 Pa with total discharge (Q) of 0.0000230 m³/s. From the results of this study it can be concluded that the tube which is effective against pump pressure is a tube with a diameter of 3.0 cm, because the pump pressure is small and produces a large discharge.

Keywords : Tube diameter, Pressure, Buoy pump, discharge (Q).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG TERHADAP TEKANAN PADA POMPA GELOMBANG TIPE PELAMPUNG". Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mempelajari dan memanfaatkan energi gelombang laut menggunakan pompa gelombang tipe pelampung dengan arah gerak vertikal.

Tentunya tugas akhir ini memelurkan proses yang tidak singkat. Penulis menyadari dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Olehnya itu ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. Terkhusus penulis ucapkan terima kasih kepada Kedua Orang Tua kami yang telah mencurahkan seluruh cinta, kasih sayang serta dukungan yang hingga kapanpun penulis tidak dapat membalasnya
2. Bapak Ir. Hamzah Al-Imran, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

4. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekretaris Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
5. Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan skripsi ini
6. Bapak Ir. Hamzah Al-Imran, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing II atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan Skripsi ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Makassar, 08 Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gelombang.....	5
1. Pengertian Gelombang Air Laut.....	5
B. Karakteristik Gelombang.....	6

C. Energi Gelombang Laut	10
D. Hukum Dasar Model	16
1. Sebangun Geometrik	17
2. Sebangun Kinematik	18
3. Sebangun Dinamik	19
E. Tekanan Pada Pompa	20
F. Hipotesis	24
G. Matriks Penelitian	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu Dan Tempat Penelitian	30
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data	30
1. Data Primer	30
2. Data Sekunder	30
C. Alat Dan Bahan	31
D. Variabel Penelitian	34
E. Pelaksanaan Studi Model	34
F. Pelaksanaan Simulasi	40
G. Flowchart Pelaksanaan Penelitian	42
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	
A. Analisa Hasil	43
1. Panjang Gelombang	43
2. Tinggi Gelombang	44
3. Daya Gelombang	45

4. Daya Air Hasil Pemompaan.....	48
5. Efisiensi Pompa Gelombang.....	50
6. Daya Pompa.....	52
7. Kecepatan Aliran.....	54
8. Kehilangan Energi.....	56
9. Tekanan Pompa (Head).....	58
B. Pembahasan.....	62
1. Hubungan debit (Q) terhadap periode gelombang (T) pada model pompa \emptyset 2.0 cm, 2.5 cm, dan 3.0 cm.....	62
2. Hubungan debit (Q) terhadap diameter (\emptyset) tabung pompa pada periode (T) 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik.....	63
3. Hubungan diameter tabung (\emptyset) terhadap tekanan pompa (P) pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik.....	65

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	67
B. Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Karakteristik Gelombang	7
2. Gerak Partikel Air Dalam Gelombang.....	9
3. Sketsa Mekanisme Kerja Pompa Gelombang Tipe Flap	16
4. Skema Pompa Piston.....	21
5. Pipa Dengan Pompa.....	21
6. Tangki Pembangkit Gelombang	32
7. Model Pompa Gelombang Dalam Saluran Kaca Tembus Pandang	32
8. Mesin Pembangkit Gelombang.....	32
9. Mistar Ukur Pada Flume.....	33
10. Komputer Dan Wave Monitor	33
11. Tampak Atas Penempatan Model Pompa Gelombang Dalam Saluran	35
12. Tampak Samping Model Pompa Gelombang Dalam Saluran	36
13. Model Pompa Gelombang Tipe Pelampung.....	36
14. Flowchart Pelaksanaan Penelitian.....	42
15. Grafik Hubungan Q Terhadap T Pada Model Pompa \emptyset 2.0 Cm, 2.5 Cm, dan 3.0 Cm.....	62
16. Grafik Hubungan Q Terhadap Diameter (\emptyset) Tabung Pada Periode 1.3 Detik, 1.4 Detik dan 1.5 Detik.....	63
17. Grafik Hubungan Tekanan (P) Terhadap Diameter (\emptyset) Tabung Pada Periode 1.3 Detik, 1.4 Detik, dan 1.5 Detik.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batasan Gelombang Air Dangkal, Air Transisi Dan Air Dalam	8
2. Skala Model	17
3. Variasi Model Pompa Gelombang Tipe Pelampung	37
4. Dimensi Model Dan Parameter Gelombang	38
5. Data Pengamatan Tinggi Gelombang	44
6. Perhitungan Daya Gelombang Pada Model \emptyset 3.0 Cm	47
7. Perhitungan Daya Air Hasil Pemompaan Pada Model \emptyset 3.0 Cm	49
8. Perhitungan Daya Efisiensi Pompa Gelombang Model \emptyset 3.0 Cm	51
9. Perhitungan Daya Pompa Pada Model \emptyset 3.0 Cm	53
10. Perhitungan Kecepatan Aliran Pada Model \emptyset 3.0 Cm	55
11. Perhitungan Tekanan Pompa Pada Model \emptyset 3.0 Cm	61

DAFTAR NOTASI



A	Luas Penampang
B	Lebar Papan Osilasi (m)
C	Kecepatan Rambat (m/s)
d	Diameter Pipa (m)
D _p	Daya Pompa
D _v	Daya Air Hasil Pemompaan (kgf.m/s)
D _w	Daya Gelombang (kgf.m/s)
F	Gaya (kg/m ²)
f	Faktor Gesekan
f	Koefisien Kerugian
F _a	Gaya Apung (N)
F _B	Gaya Apung (kN)
F _G	Gaya Berat (kN)
g	Gaya Gravitasi (m/s ²)
H	Tinggi Gelombang (m)
h	Kedalaman Air Saluran (m)
H _e	Kehilangan Energi Akibat Gesekan
H ₀	Tinggi Gelombang Didepan Papan Osilasi (m)
H ₁	Tinggi Gelombang Dibelakang Papan Osilasi (m)
hf	Kehilangan Energi (m)
h _m	Ukuran Tinggi Pada Model

h_p	Ukuran Tinggi Pada Prototipe
L	Persamaan Panjang (m)
L_m	Ukuran Panjang Model
L_p	Ukuran Panjang Prototipe
n_a	Skala Percepatan
n_B	Skala Panjang Struktur
n_d	Skala Kedalaman
n_h	Skala Tinggi
n_L	Skala Panjang
n_s	Skala Sarat
η_T	Efisiensi Pompa Gelombang
n_T	Skala Waktu
n_u	Skala Kecepatan
P	Tekanan (pa)
Q	Debit (m^3/s)
r	Jari – Jari (m)
Re	Bilangan Reynold
T	Periode Gelombang (s)
t	Tinggi (m)
v	Kecepatan Penjalaran Gelombang
V	Volume (m^3)
W_f	Berat Pelampung Di Air (kg)
W_u	Berat Pelampung (kg)

Z	Tinggi Pemompaan (m)
ρ	Rapat Massa Air (kg/m^3)
ρ	Massa Jenis Air (1000 kg/m^3)
γ	Berat Jenis Air (1000 kg/m^3)
\emptyset	Diameter
μ	Viskositas Air (0,00899)



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi gelombang laut adalah energi alternatif yang dibangkitkan melalui efek gerakan tekanan udara akibat fluktuasi pergerakan gelombang. Pemanfaatan energi gelombang laut untuk dijadikan energi dapat menggunakan pompa gelombang tipe pelampung. Jenis pompa gelombang tipe pelampung ini selain ramah lingkungan, dalam pembangunan dan pengoperasiannya tidak akan merusak ekosistem alam. Selain itu, pompa gelombang tipe pelampung ini berfungsi untuk menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan gelombang laut agar dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi perikanan air asin atau payau, dan pemanfaatannya untuk tambak udang dan dapat memutar dinamo listrik.

Salah satu penelitian sebelumnya yang relevan antara lain Azhar dkk 2004, meneliti pompa tekanan tinggi tenaga gelombang laut kerangka dinamis. Akibat perbedaan tinggi permukaan air laut menyebabkan pelampung bergerak naik turun. Pergerakan ini menyebabkan tuas penghubung pompa menggerakkan pompa torak. Pergerakan ini menghasilkan 0,2 liter/detik efisiensi 0,3- 0,7. Jika dianalisa sistem pompa kerangka dinamis masih banyak kelemahan yaitu sudut gerak gaya yang berubah-ubah akibat ikut naik turunnya kerangka pompa. Analisa ini juga menyebabkan efisiensi dan efektifitas pompa masih kurang.

Pada penelitian ini akan disimulasikan metode pompa gelombang tipe pelampung dengan arah gerakan vertikal dalam skala laboratorium. Model ini diletakkan di tengah kolam simulasi gelombang dengan frekuensi dan amplitudo tertentu. Selanjutnya gerakan naik-turun pelampung akan menggerakkan poros dan akan memutar generator.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh variasi diameter tabung terhadap tekanan pompa untuk mendapatkan debit yang maksimal.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut rumusan masalah adalah :

1. Seberapa besar debit yang dihasilkan tiap variasi diameter tabung pada pompa gelombang tipe pelampung ?
2. Bagaimana pengaruh variasi diameter tabung terhadap tekanan pompa ?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui besar debit yang dihasilkan tiap variasi diameter tabung pada pompa gelombang tipe pelampung.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi diameter tabung yang efektif terhadap tekanan pompa gelombang tipe pelampung.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan model prototipe 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 adanya pembatasan - pembatasan masalah sehubungan dengan keterbatasan dan kemampuan peneliti. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Jenis model yang digunakan adalah tabung acrylic transparan yang dirakit dilengkapi pelampung dan piston dengan ukuran diameter tabung, tinggi model dan jumlah lubang inlet dan outlet yang bervariasi.
2. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang dengan kondisi belum pecah.
4. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
5. Model yang digunakan adalah pompa gelombang dengan 3 variasi diameter tabung 2,0 cm 2,5 cm, dan 3,0 cm

F. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II Kajian Pustaka, berisi teori-teori yang relevan tentang teori dasar gelombang, karakteristik gelombang, hukum dasar gelombang, energi gelombang, tekanan pompa, teknologi konversi energi gelombang dengan menggunakan pompa gelombang.

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

BAB IV Hasil dan Pembahasan, bab ini berisi hasil tentang analisis data dan deskripsi hasil penelitian dari alat pemompa gelombang tipe pelampung,

BAB V Penutup, berisi kesimpulan dan saran terhadap permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang

1. Pengertian Gelombang Air Laut

Gelombang air laut merupakan bentuk permukaan laut yang berupa punggung atau puncak gelombang dan palung atau lembah gelombang oleh gerak ayun (oscillatory movement) akibat tiupan angin, erupsi gunung api, pelongsoran dasar laut, atau lalu lintas kapal (Sunarto, 2003).

Holthuijsen (2007) menjelaskan bahwa gelombang air laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. (nichols et al., 2009 dalam Bagus, 2014) menjelaskan bahwa gelombang air laut timbul karna adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut.

Pada saat dilakukan pengamatan spesifik terhadap gerakan gelombang air laut tersebut, ternyata didapatkan bahwa air gelombang tersebut tidak bergerak maju, melainkan bergerak melingkar, sehingga air itu hanya bergerak naik turun pada saat gelombang melintas. Gelombang tersebut dapat bergerak untuk jarak yang jauh, namun mediumnya (cair, padat atau gas) hanya dapat bergerak terbatas. Dalam usaha menjelaskan mengenai gerakan gelombang air laut, terdapat banyak teori yang diperkenalkan, namun hanya ada 2 teori yang dianggap paling tepat serta yang saling melengkapi, diantaranya sebagai berikut :

a. Teori oleh Phillips

Turbulensi dalam angin mengakibatkan fluktuasi acak permukaan laut sehingga menghasilkan gelombang – gelombang kecil dengan panjang gelombang beberapa sentimeter (cm). Gelombang – gelombang kecil tersebut kemudian tumbuh semakin besar dengan melalui proses resonansi dengan fluktuasi tekanan turbulensi

b. Teori oleh Miles

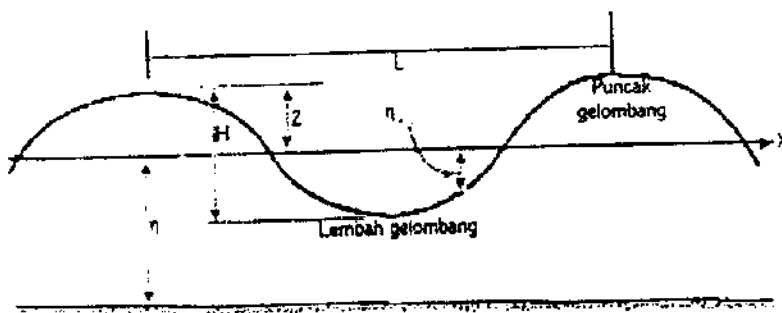
Teori ini dikenal dengan teori ketidakstabilan disebut juga dengan sebutan teori mekanisme arus balik (feed-back mekanisme) yang menyatakan bahwa : Pada saat ukuran gelombang - gelombang kecil yang sedang tumbuh mulai mengganggu aliran udara yang berada di atasnya, angin yang bertiup tersebut akan memberikan tekanan yang semakin kuat seiring dengan meningkatnya ukuran gelombang, yang menyebabkan gelombang semakin besar. Proses pemindahan energi tersebut berlangsung dengan secara tidak stabil, semakin besar ukuran gelombangnya, ketidakstabilan tersebut menyebabkan gelombang tumbuh dengan secara eksponensial.

B. Karakteristik Gelombang

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter-parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas. Adapun pengertian dari beberapa parameter diatas, Bambang Triadmodjo (1999) :

- Amplitudo (a) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ($H/2$).
- Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau dua lembah yang berurutan (satuan meter)
- Periode gelombang (T) adalah waktu tempuh di antara dua puncak atau dua lembah gelombang secara berurutan pada titik yang tetap (satuan detik).
- Tinggi gelombang (h) adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang (satuan meter).
- Kecepatan rambat gelombang (*celerity*) (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan C , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang.

Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Karakteristik Gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman perairan dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, transisi

dan air dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

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

Kategori Gelombang	d/L	$2\pi d/L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air Dalam	$>0,5$	$>\pi$	≈ 1
Air Transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air Dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini dikenal ≈ 1 II-13 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 kedalamannya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya.

Dalam gelombang terdapat partikel-partikel air yang berubah selama penjalaran gelombang dari laut dalam sampai laut dangkal. Bentuk partikel yang terdapat dalam gelombang yang bergerak menuju laut dangkal digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gerak partikel air dalam gelombang

Gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut 'sea' sedangkan gelombang yang terbentuk diluar daerah pembangkitan disebut 'swell'. Ketika gelombang menjalar, partikel air bergerak dalam suatu lingkaran vertikal kecil dan tetap pada posisinya selagi bentuk dan energi gelombang berjalan maju. Partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar dan membentuk puncak gelombang di puncak lingkaran dan lembah gelombang pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang.

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (*shoreline*), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya gelombang ditepi pantai. Hal ini juga dapat terjadi pengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah :

- a. Refraksi gelombang yaitu peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.

- b. Difraksi gelombang yaitu peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung.
- c. Refleksi gelombang yaitu peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
- d. *Wave shoaling* yaitu peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- e. *Wave damping* yaitu peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- f. *Wave breaking* yaitu peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).

Gelombang yang memecah di pantai merupakan penyebab utama proses erosi dan akresi (pengendapan) garis pantai. Karakteristik gelombang ini tergantung pada kecepatan angin, durasi dan jarak seret gelombang (*fetch*).

C. Energi Gelombang Laut

Energi gelombang laut merupakan energi terbarukan yang artinya energi yang tidak akan habis seperti energi fosil. Bila sebuah pelampung diletakan diatas gelombang, maka pelampung tersebut akan bergerak naik turun sesuai dengan gerakan gelombang laut. Gerakan naik turun ini sebagai salah satu faktor yang dapat menghasilkan energi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi energi gelombang selain gerakan naik turun adalah kecepatan naik turun dan tinggi naik turun pada pelampung. Agar energi yang terdapat dalam gelombang dapat dimanfaatkan, maka energi tersebut harus di ubah menjadi energi bentuk lain seperti energi listrik atau tenaga isap maupun tekan. Untuk mengubah energi

gelombang ke energi listrik dan tenaga isap maupun tekan dibutuhkan alat generator listrik dan pompa piston.

Hampir mirip dengan ide dasar McCormick (1981), Siliman (2001) mendesain pompa air laut tenaga gelombang, dimana energi gelombang ditangkap melalui flap dan diteruskan oleh piston untuk mendorong air laut yang terdapat dalam tabung piston ke permukaan (Siliman, 2001). Dengan tujuan utama memanfaatkan energi gelombang untuk mensuplai air laut ke daratan untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi perikanan air asin atau payau dan pemanfaatannya untuk tambak udang.

Untuk mengkonversi energi gelombang laut terdapat 3 (tiga) sistem dasar yaitu sistem kanal yang menyalurkan gelombang ke dalam reservoir atau kolam, sistem pelampung yang menggerakkan pompa hidrolik, dan sistem osilasi kolom air yang memanfaatkan gelombang untuk menekan udara di dalam sebuah wadah. Tenaga mekanik yang dihasilkan dari sistem-sistem tersebut ada yang akan mengaktifkan generator secara langsung atau mentransfernya ke dalam fluida kerja, air atau udara, yang selanjutnya akan menggerakkan turbin atau generator.

Ada 3 cara untuk menangkap energi gelombang, yaitu:

1. Dengan pelampung yaitu dimana alat ini akan membangkitkan listrik dari hasil gerakan vertikal dan rotasional pelampung. Alat ini dapat ditambatkan pada sebuah rakit yang mengambang atau alat yang tertambat di dasar laut.
2. Kolom air yang berosilasi (Oscillating Water Column) yaitu Alat ini membangkitkan listrik dari naik turunnya air akibat gelombang dalam sebuah pipa silindris yang berlubang. Naik turunnya kolom air ini akan

mengakibatkan keluar masuknya udara pada lubang bagian atas pipa dan menggerakkan turbin.

3. Wave Surge atau Focusing Devices) yaitu alat yang biasa juga disebut sebagai tapered channel atau kanal meruncing atau sistem tapchan, dipasang pada sebuah struktur kanal yang dibangun di pantai untuk mengkonsentrasikan gelombang, membawanya ke dalam kolam penampung yang ditinggikan. Air yang mengalir keluar dari kolam penampung ini yang digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan teknologi standar hydropower.

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 osilasi (Department of the Interior, 2006). Energi gelombang yang ditangkap oleh papan osilasi yang diletakkan vertikal dengan dukungan engsel di dasarnya pada saat flap menerima gaya gelombang, mengakibatkan flap bergerak maju mundur secara harmonik. Pergerakan papan osilasi tersebut menggerakkan lengan torak yang dipasang tegak lurus dengan papan osilasi pergerakan maju mundurnya lengan torak mengakibatkan klep akan terbuka dan tertutup. Pada saat klep terbuka mengakibatkan air laut masuk dan mengisi tabung piston dan pada saat flap mundur mengakibat gaya gelombang diteruskan ke lengan torak dan mendorong piston. Sebagai 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. Papan osilasi didesain agar bisa berosilasi mengikuti gerakan gelombang dengan bebas, maka papan harus dibuat dari bahan yang mengapung.

Pada pemanfaatan Pompa tenaga gelombang laut ini sebagai pembangkit energi listrik, air laut hasil pemompaan ditampung dalam suatu reservoir pada ketinggian tertentu. Pompa dibangun 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 dengan generator.

Berdasarkan teori gelombang Airy diturunkan dari persamaan kontinuitas untuk aliran tak rotasi, yaitu persamaan Laplace. Persamaan panjang (L) dan kecepatan rambat (C) gelombang dinyatakan sebagai berikut (US Army Corps of Engineers, 2006).

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

Pada perairan dalam, h lebih besar dan $\tanh \frac{2\pi h}{L} = 1.0$; karena itu,

$$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots (2)$$

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots\dots\dots (3)$$

Pada perairan dalam, h lebih besar dan $\tanh \frac{2\pi h}{L} = 1.0$; karena itu,

$$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots (4)$$

$$C = \frac{g}{2\pi} T \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

T : periode gelombang [s]

g : percepatan gravitasi [m/s^2]

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

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 kontinu, maka dalam evaluasi ditinjau parameter daya rata-rata untuk satu gelombang, yang besarnya adalah :

$$D_w = \frac{1}{8} \cdot \gamma \cdot B \cdot v \cdot g \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

D_w = daya gelombang (N m/s)

γ = berat jenis air (1000 kg/m³)

B = lebar papan osilasi (m)

H = tinggi gelombang (m)

v = kecepatan penjalaran gelombang = \sqrt{gh}

g = gaya gravitasi (m/s²)

h = Kedalaman Air Saluran (m)

Sedangkan daya air hasil pemompaan dirumuskan sebagai :

$$D_v = \gamma \cdot Z \cdot Q \cdot g = \gamma \cdot Z \cdot \frac{v}{T} \cdot g \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

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

Z = Tinggi pemompaan (m)

Q = Debit Rata-Rata Hasil Pemompaan (m³/s)

V = Volume air dari hasil pemompaan selama satu periode gelombang
(m^3)

T = Periode gelombang (s)

Efisiensi pompa gelombang yang merupakan efisiensi keseluruhan alat (η_T), yang merupakan perbandingan antara daya yang bekerja pada papan osilasi dengan daya yang dihasilkan air dari hasil pemompaan. Daya yang bekerja pada papan osilasi dihitung dengan persamaan (6) sedangkan daya hasil pemompaan dihitung dengan persamaan (7), sehingga efisiensi pompa bisa dihitung dengan :

$$\eta_T = \frac{\gamma Q Z g}{\frac{1}{8} \gamma B H_0^2 v g} = \frac{8 Z \frac{v}{T} g}{B H_0^2 v g} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

γ = Berat jenis air = 1000 kg/m^3

Q = Debit rata-rata hasil pemompaan (m^3/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 (m^3)

T = Periode Gelombang (s)

B = Lebar papan osilasi (m)

H_0 = Tinggi gelombang (m)

v = Kecepatan penjalaran gelombang = \sqrt{gh}

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

h = Kedalaman air saluran (m)

Besarnya efisiensi penangkapan gelombang oleh papan osilasi dirumuskan sebagai :

$$\eta_H = \frac{\frac{1}{8}\gamma g B H_0^2 - \frac{1}{8}\gamma g B H_1^2}{\frac{1}{8}\gamma g B H_0^2} = \frac{H_0^2 - H_1^2}{H_0^2} \dots \dots \dots (9)$$

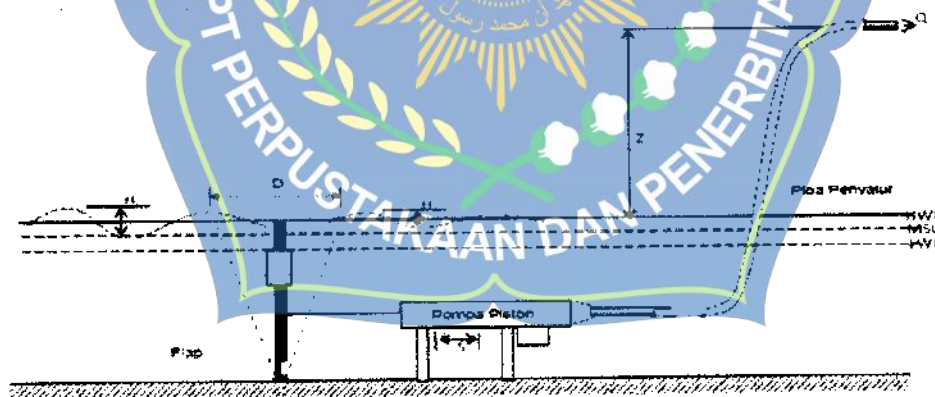
Dimana :

γ = Berat jenis air (1000 kg/m³)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

H_0 = Tinggi Gelombang di depan papan osilasi (m)

H_1 = Tinggi Gelombang dibelakang papan osilasi (m)



Gambar 3. Sketsa mekanisme kerja pompa gelombang tipe flap

Dalam hal ini, akan terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus ke daerah terlindung.

D. Hukum Dasar Model

Konsep dasar permodelan dengan bantuan skala model yaitu 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 Yuwono, 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

Tabel 2. Skala Model

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

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 :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (10)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (11)$$

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 :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots\dots\dots (12)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots\dots\dots (13)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \dots\dots\dots (14)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (15)$$

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.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(U^2 / L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL} \dots\dots\dots (16)$$

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

$$n_{F_r} = \frac{n_v}{n_L^{0.5}} \dots\dots\dots (17)$$

$$n_{F_r} = \frac{F_{r_p}}{F_{r_m}} = 1 \dots\dots\dots (18)$$

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 :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \dots\dots\dots (19)$$

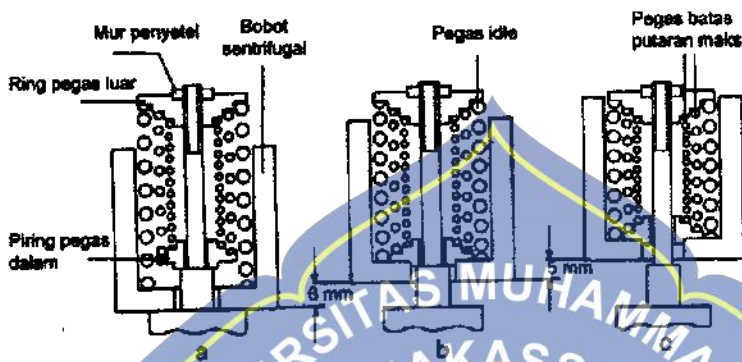
Sedangkan skala waktu n_T dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = n_L^{1/2} \dots\dots\dots (20)$$

$$n_g = 1 \dots\dots\dots (21)$$

E. Tekanan Pada Pompa

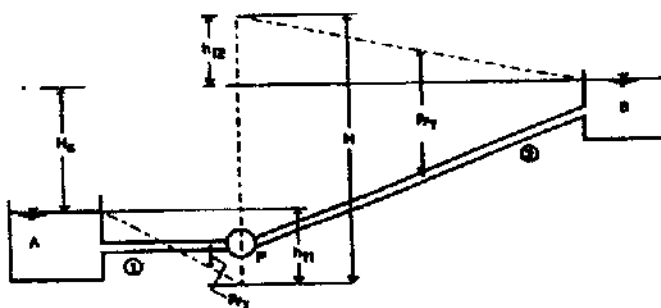
Pompa merupakan peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya. Pompa juga dapat digunakan untuk memindahkan fluida ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan melalui gerak piston (torak) atau impeller. Prinsip kerja dari pompa piston adalah berputarnya selubung putar menyebabkan piston bergerak sesuai dengan posisi ujung piston di atas piring dakian. Fluida terhisap dengan silinder dan ditekan ke saluran buang akibat gerakan naik turun piston. Fungsi dari pompa ini adalah untuk pemenuhan kebutuhan tekanan tinggi dan kapasitas rendah. Skema pompa piston ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4. Skema pompa piston.
Sumber: Sutikno (1998:30)

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 4 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.



Gambar 5. Pipa dengan pompa

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 :

$$D = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma \cdot g}{\eta} \dots\dots\dots (22)$$

dengan η 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.

a. Kehilangan Energi

Parameter kehilangan penting dalam aliran pipa. Kehilangan tekanan umumnya terjadi akibat gesekan, elevasi pipa, mengubah energi kinetik. Kehilangan tekanan yang disebabkan oleh gesekan aliran fluida yaitu aliran turbulen tergantung pada kekasaran pipa

Kehilangan tekanan terdiri dari dua jenis yaitu kehilangan mayor dan kehilangan minor. Kehilangan mayor disebabkan oleh gesekan pada penampang pipa. Pada zat cair yang mengalir di dalam bidang batas akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran. Rumus untuk mengetahui kehilangan tekanan mayor adalah sebagai berikut:

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \dots\dots\dots (24)$$

dimana :

h_f = kehilangan energi (m)

f = faktor gesekan, yang tergantung dari angka Reynolds (diagram Moody), diameter, dan kekasaran pipa

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

d = diameter pipa (m)

g = gaya gravitasi

Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2000, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold, dinyatakan dengan rumus:

$$Re = \frac{v \times d}{\mu/\rho} \dots\dots\dots (25)$$

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (26)$$

dimana :

h_e = kehilangan energi akibat gesekan

Re = bilangan reynold

V = kecepatan aliran

μ = viskositas air (0,00899)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

d = diameter pipa

f = koefisien kerugian

Sedangkan kehilangan minor disebabkan oleh perubahan penampang, bisa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_e = K \times \frac{v_1^2}{2g} \dots\dots\dots (27)$$

Untuk pengecilan penampang menurut Triatmodjo, B (2010) nilai K bisa diperoleh dengan rumus :

$$K = (1 - 0,6)^2 \dots\dots\dots (28)$$

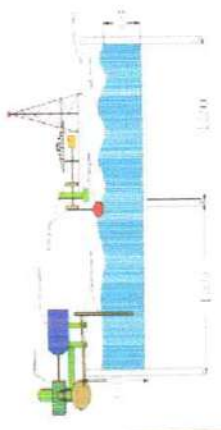
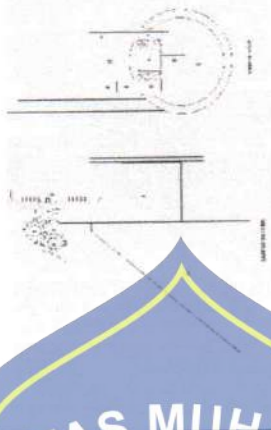
F. Hipotesis

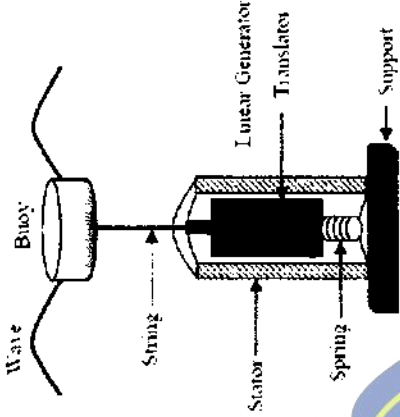

Salah satu penangkap energi gelombang adalah dengan menggunakan pelampung yang bergerak secara vertikal. Pelampung didesain sedemikian rupa sehingga mampu bergerak secara kontinu mengikuti gerakan gelombang naik turun yang datang. Dengan cara ini energi gelombang ditangkap melalui tabung pompa yang mempunyai lobang inlet pada bagian atas dan bawah dari tabung pompa tersebut, untuk menggerakkan piston. Saat bergerak naik dan turun piston akan maka akan terbuka lobang inlet sehingga air laut akan masuk untuk mengisi tabung pompa, pada saat bergerak ke atas dan ke bawah 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 ke daratan 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.



G. Matriks Penelitian

No	Nama Penulis	Judul	Hasil/Outcome	Parameter Riset	Struktur Model
1	Dwi Prasetyo Utomo, Muhammad Agus Sahbana, Nova Risdiyanto ismail	Perbedaan Diameter Pelampung Terhadap Kinerja <i>Ocean Wave Energy</i> Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik	Arus dan voltase yang terbaik di dapat pada piston berdiameter 20 cm. Tinggi gelombang 15 cm dan diameter piston 20 cm menghasilkan arus paling tinggi yaitu 7,50 ampere, menghasilkan voltase paling tinggi yaitu 51,70 V, dan menghasilkan efisiensi paling tinggi yaitu 8,31%.	H : tinggi gelombang D : diameter pelampung T : Kecepatan Gelombang Rpm : putaran poros Ampere : Arus listrik Volt : tegangan listrik % Efisiensi PLT gelombang	
2	I Made Adi Sayoga, I Made Nuarsa	Pemerataan Energi Gelombang Laut Dengan Sistem Berpiston Aksi Ganda	Piston mampu menyerap energi gelombang laut yang mengkonversi energi gelombang menjadi energi mekanis penggerak roda gigi. Penyerapan energi terjadi pada saat gelombang naik dan gelombang turun. Energi listrik yang dihasilkan oleh prototype rancangan mampu menghasilkan energi listrik pada saat gelombang naik maupun turun	P : Kuat arus dan daya (watt) I : Kuat arus (Ampere) V : Tegangan listrik (Volt) H : Tinggi gelombang (cm) Tf : Waktu gerak silinder naik (s) Tg : Waktu gerak silinder turun (s)	

3	<p>Abdullah Al Mahfazur Rahman, Md. Moniruzzaman, M. Al Mamun. 2017</p>	<p>Estimation of Energy Potential of Point Absorber Buoy type Wave Energy Converter (Estimasi Potensi Energi Point Absorber Konverter Energi Gelombang tipe pelampung)</p>	<p>Dari energi gelombang menghasilkan penemuan alternatif sumber energi. Ini memiliki potensi tinggi dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Bidang utama yang menjadi perhatian adalah distribusi energi gelombang. Model ini berfungsi sebagai alat konversi energi gelombang yang sangat sederhana, modifikasi dari model ini dapat diterapkan untuk mengevaluasi pengaruh parameter lain seperti parameter generator linier untuk produksi daya listrik yang efisien.</p>	<p>Parameter Gelombang : Amplitudo gelombang (H), Periode gelombang (T), Sudut fase (Θ). Parameter Pelampung: Tinggi (h), Gaya Pegas Statis (FStatic), Konstan elektromagnetik (ke)</p>	
4	<p>Budi Haryanto, Radianta Triatmadja, Nizam</p>	<p>Optimasi Pompa Air Laut Energi Gelombang</p>	<p>Model Pompa yang digunakan, menghasilkan peningkatan efisiensi dengan sangat signifikan. Pada $(H/h_e)(L_b/A) = 20,86$ dan $z/d = 0,54$ efisiensi pompa (η_{ww}) yang diperoleh dapat mencapai 34,7%. Efisiensi (η_{ww}) makin rendah, asimptotis mendekati nol, dengan makin besarnya panjang gelombang (L), tinggi gelombang (H), lebar flap (b), dan dengan makin kecilnya tinggi <i>head</i> (h_e) dan diameter piston (D).</p>	<p>Panjang gelombang (L), Tinggi gelombang (H), Lebar flap (b), Periode Gelombang (T), Diameter piston (D), Variasi waktu (t)</p>	

5	<p>Muhammed Ali</p>	<p>Studi Model Sistem Penyerap Tenaga Gelombang Laut Jenis Silinder Osilasi Terpasang Tetap (<i>Fixed Owc</i>)</p>	<p>Osilasi air laut didalam silinder sangat dipengaruhi oleh tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T) dan kedalaman air (d). Hasil pengujian model tanpa pemusatan gelombang dan tanpa reflektor menghasilkan nilai K_a antara 1,05 hingga 1,23 untuk d/gT^2 antara 0,02 hingga 0,062. Hasil pengujian model dengan pemusatan gelombang dan tanpa reflektor menunjukkan nilai amplifikasi maksimum pada $K_a = 1,4$ untuk $d/gT^2 = 0,052$. Hasil pengujian model dengan pemusatan gelombang dan menggunakan reflektor menunjukkan nilai amplifikasi maksimum terjadi pada $K_a = 1,4$ untuk $d/gT^2 = 0,04$.</p>	<p>Tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), kedalaman air (d)</p>	
6	<p>Silman Pongmanda, Radianta Triatmadja, Nizam</p>	<p>Studi Efisiensi Pompa Air Laut Energi Gelombang Tipe Flap</p>	<p>Debit yang dihasilkan oleh pompa dipengaruhi oleh fungsi H/h_e, d/L dan variabel tinggi gelombang H, periode gelombang (T), kedalaman air (d), diameter piston (D), head (h_e), simpangan flap (S), Berat bandul (W), simpangan bola katup (Y_k). Pengaruh yang paling signifikan adalah pengaruh diameter pompa. Debit yang</p>	<p>Tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kedalaman air (d), diameter piston (D), head (h_e), simpangan flap (S), debit (Q), Berat bandul (W), simpangan bola katup (Y_k)</p>	

dihasilkan akan semakin besar jika fungsi H/h_e dan d/L semakin besar. Jika pompa energi gelombang dengan diameter 1,4 m dipasang pada kedalaman 11 m, head 6 m, periode gelombang 12 detik, tinggi gelombang 1,3 m, dan lebar flap 10 m akan dihasilkan debit sebesar 15,72 L/s



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di Gowa, dengan rencana waktu penelitian selama 3 bulan.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksperimental, dimana kondisi penelitian dibuat dan diatur oleh peneliti dengan merujuk pada literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yaitu :

1. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari referensi dan hasil penelitian yang sudah ada yang berkaitan dengan penelitian pompa gelombang

C. Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Tabung transparan dengan 3 variasi diameter yaitu \emptyset 2,0 cm, \emptyset 2,5 cm, dan \emptyset 3,0 cm yang terbuat dari bahan acrylic bening dengan tebal 0,3 cm. Bagian atas dan bawah dibuat 2 lubang inlet tiap tabung yang sejajar dengan diameter lubang masing-masing tabung yaitu \emptyset 1,7 cm \emptyset 2,0 cm dan \emptyset 2,5 cm.
2. Pelampung berbentuk persegi yang terbuat dari pipa plastik PVC dengan diameter \emptyset 5,5 cm dan lebar pelampung 20 cm
3. Piston yang ditempatkan pada bagian dalam tabung yang bergerak vertikal seirama dengan naik turunnya pelampung dan berfungsi untuk menekan air sehingga air akan keluar melalui lubang outlet. Piston terbuat dari bahan karet yang tahan air dan dibuat sesuai ukuran diameter tabung yang akan digunakan.
4. Pipa outlet yang terbuat dari pipa trasparan dengan diameter \emptyset 0.5 cm yang berfungsi sebagai pipa penyalur air yang ditekan oleh piston. Panjang pipa outlet disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

Alat yang akan digunakan dalam penelitian antara lain :

1. Saluran gelombang yang terbuat dari flume baja dengan ukuran 15 m, lebar 0,3 m dan tinggi efektif 0.5 m yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang.

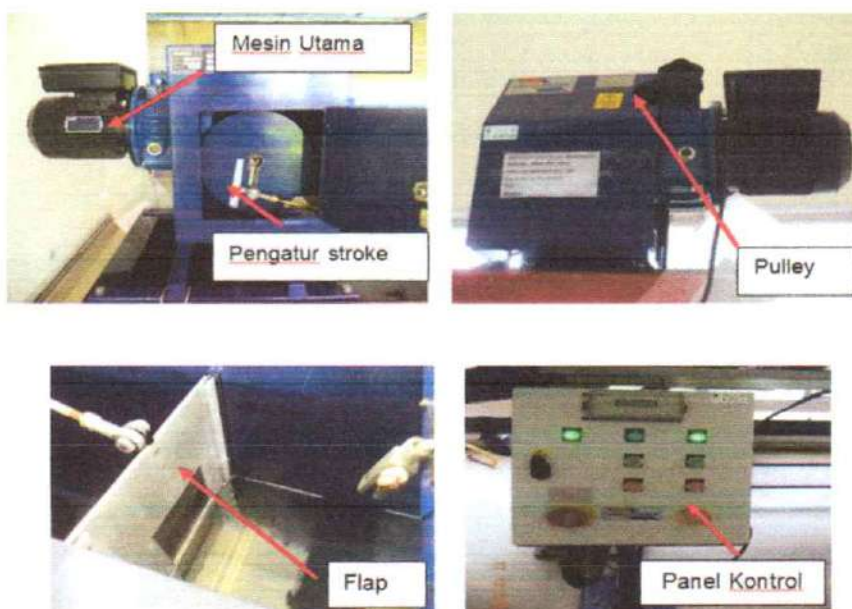


Gambar 6. Tangki pembangkit gelombang



Gambar 7. Model pompa gelombang dalam saluran kaca tembus pandang

- Mesin pembangkit gelombang yang terdiri dari mesin utama, pulley yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada stroke sehingga menngerakkan flap pembangkit gelombang.



Gambar 8. Mesin pembangkit gelombang

3. Mistar ukur yang digunakan untuk mengukur kedalaman dan tinggi gelombang



Gambar 9. Mistar ukur pada flume

4. Komputer yang dilengkapi aplikasi pembaca gelombang untuk pengambilan data.



Gambar 10. Komputer dan Wave monitor

5. Meteran untuk mengukur panjang gelombang
6. Stopwatch untuk menghitung periode gelombang
7. Kamera untuk dokumentasi
8. Timbangan
9. Kertas dan alat tulis

D. Variabel Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya maka variabel yang akan diteliti adalah tinggi gelombang (H_i), periode gelombang (T), panjang gelombang (L), lamanya waktu pengisian tabung pompa gelombang (t), tinggi tekanan (H) serta diameter tabung dan jumlah lubang inlet.

Untuk aliran didalam tabung persamaan yang digunakan adalah :

$$V = Q/A \dots\dots\dots (29)$$

Untuk menentukan debit (Q) dalam tabung pompa digunakan persamaan :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (30)$$

Untuk menghitung daya gelombang (D_w) untuk satu gelombang digunakan persamaan :

$$D_w = 1/8 \times \gamma \times B \times H^2 \times v \times g \dots\dots\dots (31)$$

Untuk menghitung daya air hasil pemompaan persamaan yang digunakan :

$$D_v = \gamma \times Z \times Q \times g \dots\dots\dots (32)$$

Untuk menghitung efisiensi pompa gelombang digunakan persamaan :

$$\eta_T = \frac{\gamma \times Z \times Q \times g}{\frac{1}{8} \times \gamma \times B \times H^2 \times v \times g} = \frac{8 \times Z \times Q \times g}{B \times H^2 \times v \times g} \dots\dots\dots (33)$$

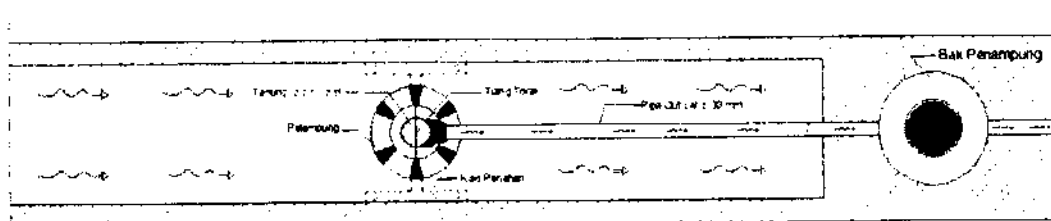
Untuk menghitung daya pompa digunakan persamaan :

$$D_p = \frac{Q \times H \times \gamma \times g}{\eta_T} \dots\dots\dots (34)$$

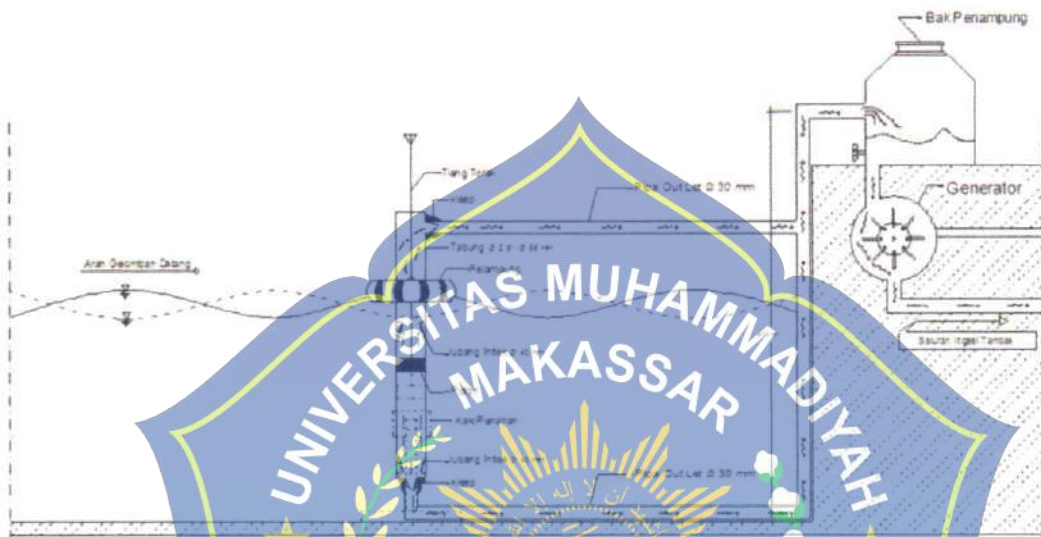
E. Pelaksanaan Studi Model

Berdasarkan variabel yang akan diteliti, pembuatan model pompa gelombang tipe pelampung gerakan vertikal didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

1. Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1 : 10.
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.
3. Parameter Model
 - a. Ukuran diameter tabung \varnothing 2,0 cm, \varnothing 2,5 cm, dan \varnothing 3,0 cm
 - b. Ukuran tinggi tabung 50 cm
 - c. Jumlah lobang inlet yaitu : 1 disisi atas tabung dan 1 disisi bawah tabung dengan diameter lobang 2,5 cm.
 - d. Jumlah lobang outlet yaitu : 1 dibagian atas tabung dan 1 dibagian bawah tabung dengan diameter lobang \varnothing 0,5 cm
 - e. Pemberat tabung terbuat dari bahan adukan semen yang dipadatkan berbentuk bulat dengan \varnothing 15 cm tinggi 10 cm dengan berat 10 kg berfungsi sebagai dudukan tabung sehingga tidak mudah bergeser di saluran pada saat air sudah mulai digerakkan.



Gambar 11. Tampak atas penempatan model pompa gelombang dalam saluran



Gambar 12. Tampak samping model pompa gelombang dalam saluran



Gambar 13. Model pompa gelombang tipe pelampung

Tabel 3. Variasi model pompa gelombang tipe pelampung

No	Gambar Protipe	Model Pompa	Keterangan
1		Model 1	Diameter tabung \varnothing 2,0 cm Tinggi tabung 50 cm, Diameter lubang inlet atas bawah \varnothing 2,5 cm, Diameter lubang outlet atas bawah \varnothing 0,5 cm, Berat pelampung 1,0 kg, Bentuk pelampung segi empat.
2		Model 2	Diameter tabung \varnothing 2,5 cm Tinggi tabung 50 cm, Diameter lubang inlet atas bawah \varnothing 2,5 cm, Diameter lubang outlet atas bawah \varnothing 0,5 cm, Berat pelampung 1,0 kg, Bentuk pelampung segi empat.
3		Model 3	Diameter tabung \varnothing 3,0 cm Tinggi tabung 50 cm, Diameter lubang inlet atas bawah \varnothing 2,5 cm, Diameter lubang outlet atas bawah \varnothing 0,5 cm,

		Berat pelampung 1,0 kg.
		Bentuk pelampung segi empat.

Tabel 4. Dimensi model dan parameter gelombang

No	Ø Tabung cm	Periode (T) (detik)	Tinggi Model (m)	Kedalaman Air (d) (m)	Panjang Gelombang (L) (m)
1	3.0	1.3	0.50	0.29	1.94
		1.4			2.13
		1.5			2.30
2	2.5	1.3	0.50	0.29	1.94
		1.4			2.13
		1.5			2.30
3	2.0	1.3	0.50	0.29	1.94
		1.4			2.13
		1.5			2.30

4. Menentukan Berat Pelampung

Sesuai dengan hukum Archimedes, bahwa gaya vertikal atau gaya apung adalah sama dengan berat zat cair yang dipindahkan benda. Selain gaya apung benda juga mengalami gaya berat yang mempunyai titik tangkap pada pusat berat benda.

Untuk menentukan berat pelampung, maka gaya apung adalah sama dengan berat volume zat cair yang dipindahkan oleh sebagian benda yang berada dibawah permukaan zat cair. Diketahui diameter pelampung (\emptyset) adalah 5 cm, tinggi pelampung 6 cm, dan lebar pelampung adalah 23 cm, maka berat pelampung adalah :

$$F_G = F_B = \rho g \pi r^2 t \dots\dots\dots (35)$$

Dimana :

$F_G = F_B = \text{Gaya berat} = \text{Gaya Apung (kN)}$

$\rho = \text{Rapat massa air (kg/m}^3\text{)}$

$g = \text{Gaya gravitasi (m/dt}^2\text{)}$

$r = \text{Jari-jari/setengah diameter (m)} = \frac{D}{2}$

$= \frac{5}{2} = 2.5 \text{ cm} = 0.025 \text{ m}$

$t = \text{Tinggi pelampung (m)}$

Maka :

$$\begin{aligned} F_G = F_B &= 1000 \times 9.81 \times 3.14 \times 0.025^2 \times 0.06 \\ &= 1.155 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. Menentukan Tekanan Pompa

Tekanan dapat diekspresikan dalam bentuk head (H) dan dinyatakan dalam satuan meter (m) atau *feet* (ft). Head pada suatu tekanan tertentu bergantung pada berat fluida menurut persamaan berikut :

$$p = \rho g H \dots\dots\dots (36)$$

Dimana :

p : Tekanan (Pa)

ρ : massa jenis (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

H : ketinggian air (m)

Sebuah pompa menciptakan kecepatan fluida. Energi kecepatan ini kemudian diubah menjadi energi tekanan saat fluida lepas dari pompa. Oleh

karenanya head atau tekanan yang tercipta bisa dikatakan sebanding dengan energi yang diisap dan ditekan.

F. Pelaksanaan Simulasi

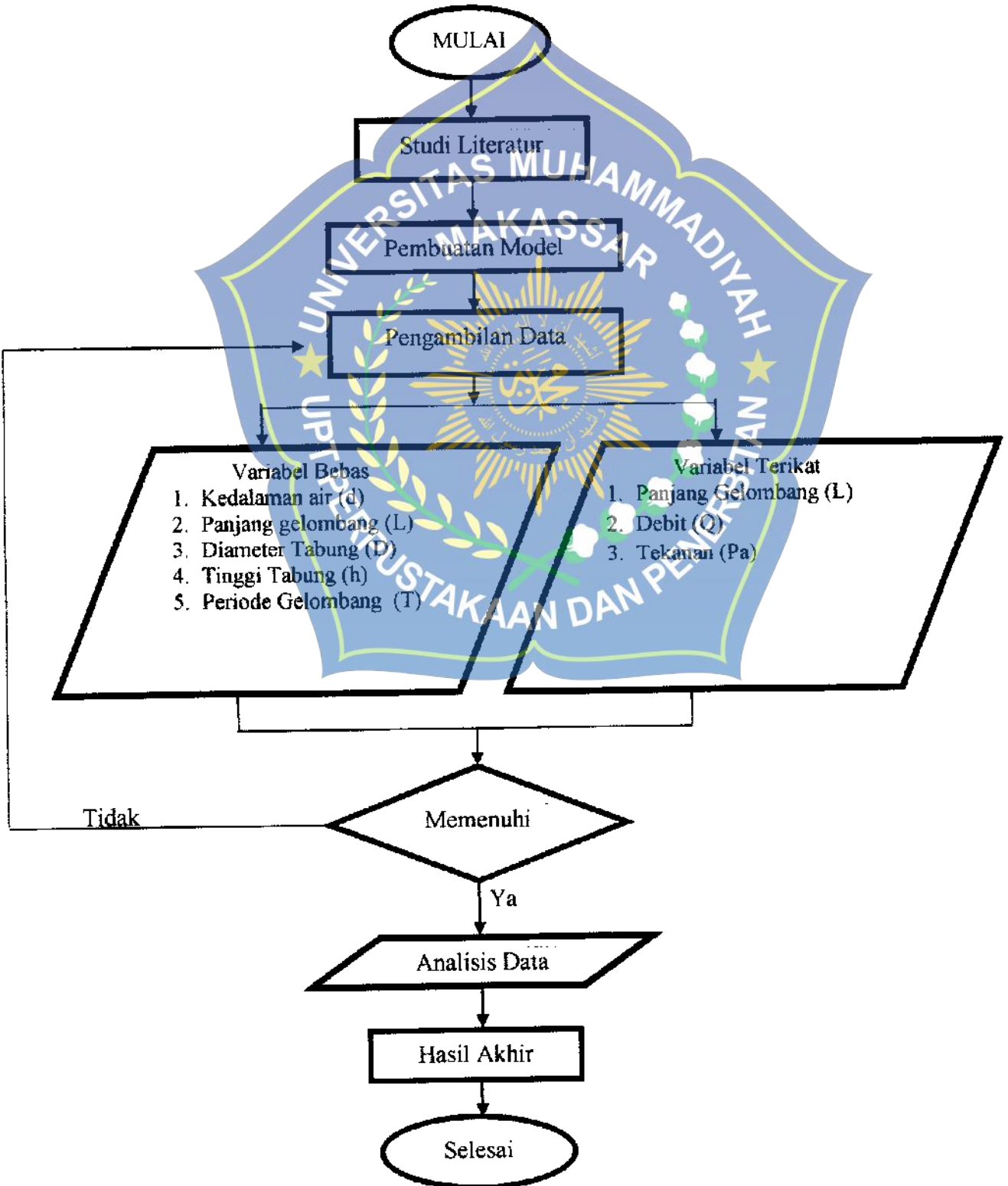
Persiapan untuk runnig awal pada flume (tanpa model pompa gelombang), untuk mendapatkan data-data awal yaitu :

1. Dengan stroke/pembangkit gelombang 6, 7, 8 untuk mendapat tinggi gelombang
2. Periode (T) 1.3 = 13 detik, 1.4 = 14 detik, 1.5 = 15 detik untuk mendapatkan panjang gelombang (L) setiap 10 kali putaran = 10 detik
3. Memulai simulasi gelombang tanpa model dengan membangkitkan gelombang dengan cara 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. Meletakkan model uji ditengah-tengan wave flume
6. Mengisi air pada wave flume dengan kedalaman air (d) 29 cm untuk setiap model
7. Setelah semua komponen siap, simulasi gelombang dimulai dengan membangkitkan gelombang didalam wave flume seperti pada prosedur No. 2
8. 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.

9. Mengubah tinggi tekanan air (Head) pada lubang outlet setinggi 5 cm dan kelipatannya sampai pada tinggi tekanan tidak lagi mengeluarkan air.
10. 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.



G. Flowchart Pelaksanaan Penelitian



Gambar 14. flowchart pelaksanaan penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil

1. Panjang Gelombang

Dalam penentuan panjang gelombang kita dapat menggunakan dua metode yaitu dengan cara pengukuran langsung dan perhitungan. Metode pengukuran langsung dilakukan dengan cara mengukur panjang gelombang secara langsung yang terdiri dari satu bukit dan satu lembah. Sedangkan untuk metode perhitungan kita menggunakan data periode dan kedalaman yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini kita akan menentukan panjang gelombang dengan metode perhitungan. Adapun periode (T) yang digunakan yakni 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik pada kedalaman (d) 29 cm. Salah satu perhitungan panjang gelombang (L) adalah sebagai berikut :

Diketahui : $d = 29 \text{ cm} = 0.29 \text{ m}$

$T = 1.3 \text{ detik}$

Ditanyakan : Berapa panjang gelombang (L) ?

Penyelesaian : $L_0 = 1.56 (T^2)$

$$L_0 = 1.56 (1.3^2)$$

$$L_0 = 2.6364$$

$$d/L_0 = 0.29/2.6364$$

$$= 0.1099$$

$$d/L = 0.14875 + \frac{(0.1099-0.1090)}{(0.1100-0.1090)} \times (0.14961 - 0.14875)$$

$$(interpolasi \text{ dari tabel } d/L_0) = 0.14952$$

$$L = \frac{d}{d/L} = \frac{0.29}{0.14925} = 1.94 \text{ m}$$

2. Tinggi Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan didepan model dan dibelakang model. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara meletakkan probe didepan dan belakang model dengan jarak sesuai dengan panjang gelombang yang telah dihitung. Data akan dibaca oleh alat probe yang berupa sensor dan hasil rekamannya akan ditrasfer PC. Dari hasil transfer PC maka kita akan mengambil tinggi gelombang maksimum dan minimum di depan dan belakang model.

Pengukuran tinggi gelombang juga dapat dilakukan dengan cara mengukur secara langsung tinggi gelombang pada flume dengan menggunakan mistar. Pengukuran juga dilakukan didepan dan dibelakang model.

Berikut disajikan data hasil pengamatan tinggi gelombang

Tabel 5. Data pengamatan tinggi gelombang

No.	Jenis model	d (cm)	T (detik)	L (m)	Stroke	h depan model (cm)	h belakang model (cm)
1	Diameter 3.0 cm	29	1.3	1.94	6	6.0	5.5
2					7	7.2	6.4
3					8	8.5	7.4
4			1.4	2.13	6	5.7	4.0
5					7	7.0	5.8
6					8	8.0	6.7
7			1.5	2.30	6	5.0	3.7
8					7	5.9	4.6
9					8	6.7	5.5

10	Diameter 2.5 cm	29	1.3	1.94	6	6.7	6.2		
11					7	7.9	7.3		
12					8	8.6	8.0		
13			1.4	2.13	6	5.7	5.0		
14					7	6.8	6.1		
15					8	8.0	7.0		
16					6	5.0	4.0		
17					1.5	2.30	7	6.0	5.5
18					8	7.5	6.0		
19	Diameter 2.0 cm	29	1.3	1.94	6	4.7	4.5		
20					7	6.6	6.3		
21					8	7.5	7.3		
22			1.4	2.13	6	4.2	4.0		
23					7	5.4	5.1		
24					8	6.0	5.7		
25					6	3.4	3.0		
26					1.5	2.30	7	4.3	4.0
27					8	5.2	4.9		

Sumber : data hasil penelitian

3. Daya Gelombang

Tingkat efektivitas pompa untuk menangkap energi gelombang laut tidak kontinyu maka akan kita tinjau parameter daya rata-rata untuk satu gelombang. Daya gelombang dapat dihitung menggunakan persamaan (6). Salah satu perhitungan daya gelombang untuk model pompa diameter (\emptyset) 3.0 cm, periode (T) 1.3 detik dan stroke 8 pada kedalaman (d) 29 cm adalah sebagai berikut :

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

$$Dw = 1/8 \times 1000 \times 0.3 \times 0.085^2 \times \sqrt{9,81 \times 0.29} \times 9,81$$

$$Dw = 4.5184 \text{ N m/dtk}$$

Dimana :

D_w = daya gelombang (N m/dtk)

γ' = berat jenis air (1000 kg/m^3)

H = tinggi gelombang (m)

B = lebar flume (m)

V = kecepatan perjalanan gelombang (\sqrt{gh})

g = gaya gravitasi (m/s^2)

h = kedalaman air saluran (m)

Beberapa data hasil perhitungan daya gelombang dengan menggunakan model diameter (\emptyset) 3.0 cm yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan daya gelombang pada model diameter 3.0

Jenis Model cm	D cm	massa pelampung kg	T dtk	H belakang model cm	H depan model cm	L cm	h piston atas cm	h piston bawah cm	strok cm	I detik	tinggi outlet cm	dw N.m/dtk	Q outlet bawah/outlet ml/10 dtk	Q rata rata outlet bawah ml/10 dtk	Q m ³ /dtk	V m/s	Q outlet atas ml/10 dtk	Q rata rata outlet atas ml/10 dtk	Q m ³ /dtk	V m/s	Q total m ³ /dtk
diameter 3.0	29,00	1,00	1,30	7,40	8,50	1,94	1,70	2,50	7,00	10,00	35,00	4,5184	167,30	167,40	0,0000167	0,853	67,30	67,27	0,000007	0,343	0,000023
											40,00	4,5184	131,80	131,80	0,0000132	0,671	67,50	51,73	0,000005	0,264	0,000018
											45,00	4,5184	109,30	109,73	0,0000110	0,559	32,30	31,93	0,000003	0,163	0,000014
											50,00	4,5184	87,70	87,83	0,0000088	0,448	31,70	22,40	0,000002	0,114	0,000011
											55,00	4,5184	63,10	63,33	0,0000062	0,318	22,10	14,50	0,000001	0,074	0,000008
											60,00	4,5184	46,80	46,83	0,0000047	0,239	14,30	7,83	0,000001	0,040	0,000005
											65,00	4,5184	34,20	34,20	0,0000034	0,172	14,50	2,03	0,000000	0,010	0,000004
											70,00	4,5184	17,70	17,70	0,0000010	0,091	8,10	0,00	0,000000	0,000	0,000002
											75,00	4,5184	9,80	10,40	0,0000010	0,053	7,90	0,00	0,000000	0,000	0,000001
											80,00	4,5184	6,10	6,10	0,0000006	0,030	7,50	0,00	0,000000	0,000	0,000001
											85,00	4,5184	5,80	5,80	0,0000006	0,030	7,20	0,00	0,000000	0,000	0,000001

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

4. Daya Air Hasil Pemompaan

Daya yang didapatkan dari hasil pemompaan berbeda-beda untuk setiap ketinggian. Daya air hasil pemompaan dapat dihitung menggunakan persamaan (7) pada bab 2. Salah satu perhitungan daya pemompaan outlet bawah untuk model pompa berdiameter (\emptyset) 3.0 cm pada kedalaman (d) 29 cm dengan ketinggian pemompaan 35 cm, periode (T) 1.3 detik dan stroke 8 adalah sebagai berikut :

$$Dv = \gamma \times Z \times Q \times g$$

$$Dv = 1000 \times 0.35 \times 0.0000167 \times 9.81$$

$$Dv = 0.0575 \text{ N m/dtk}$$

Dimana :

Dv = daya hasil pemompaan (N m/dtk)

γ = berat jenis air (kg/m^3)

Z = tinggi pemompaan (m)

Q = debit hasil pemompaan (m^3/dtk)

g = gaya gravitasi (m/s^2)

Berikut beberapa data hasil perhitungan daya air hasil pemompaan dengan menggunakan model diameter (\emptyset) 3.0 cm yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan daya air hasil pemompaan pada model diameter 3.0

Jenis Model cm	D cm	massa pelampung kg	T dkk	H belakang model cm	H depan model cm	L cm	h piston atas cm	h piston bawah cm	strok cm	I detik	tinggi outlet cm	Q outlet bawah/outlet ml/10 dkk	Q outlet bawah/outlet ml/10 dkk	Q rata-rata outlet bawah/outlet ml/10 dkk	Q m ³ -dkk	V m/s	dv N.m/dkk	Q outlet atas ml/10 dkk	Q outlet atas ml/10 dkk	Q rata-rata outlet atas ml/10 dkk	Q m ³ -dkk	V m/s	dv N.m/dkk	Q m ³ -dkk	Q m ³ -dkk	Q total m ³ -dkk																	
diameter 3.0	29.00	1.00	1.30	7.40	8.50	1.94	1.70	2.50	8.00	10.00	35.00	167.40	168.10	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	132.30	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	130.80	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	131.60	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	131.70	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	130.30	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	130.80	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	131.70	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	130.30	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	131.60	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			
											40.00	131.70	166.80	167.40	0.0000167	0.853	0.0575	67.30	67.00	67.27	0.000007	0.343	0.0231	0.000023																			

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

5. 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 (8). Sebagaimana yang telah di hitung sebelumnya maka besarnya efisiensi pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta_T &= \frac{\gamma \times Z \times Q \times g}{\frac{1}{8} \times \gamma \times B \times H^2 \times v \times g} \\
 &= \frac{8 \times Z \times Q \times g}{B \times H^2 \times v \times g} \\
 &= \frac{8 \times 0,35 \times 0,0000167 \times 9,81}{0,3 \times 0,085^2 \times \sqrt{9,81} \times 0,29 \times 9,81} \\
 &= 0,0127
 \end{aligned}$$

Beberapa data hasil perhitungan efisiensi pompa gelombang menggunakan model diameter (\emptyset) 3.0 cm yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan efisiensi pompa gelombang pada model diameter 3.0

Jenis Model cm	D cm	massa pelampung kg	T dtk	H belakang model cm	H depan model cm	L cm	h piston atas cm	h piston bawah cm	stroke cm	l deck cm	tinggi outlet cm	Q maju rata maju outlet bawah ml/10 dtk	Q mundur rata mundur outlet bawah ml/10 dtk	Q m3/dtk	v m/s	η	Q outlet atas ml/10 dtk	Q rata rata outlet atas ml/10 dtk	Q m3/dtk	v m/s	η	Q total m3/dtk
diameter 3.0	29,00	1,00	1,30	7,40	8,50	1,94	1,70	2,50	8,00	10,00	35,00	167,30	168,10	0,0000167	0,853	0,0127	67,30	67,27	0,000007	0,343	0,0051	0,000023
											40,00	132,30	130,80	0,0000132	0,671	0,0114	51,20	51,73	0,000005	0,264	0,0045	0,000018
											45,00	109,73	109,73	0,0000110	0,559	0,0107	32,30	31,93	0,000003	0,163	0,0031	0,000014
											50,00	87,83	88,30	0,0000088	0,446	0,0095	22,70	22,40	0,000002	0,114	0,0024	0,000011
											55,00	62,33	62,70	0,0000063	0,318	0,0084	14,30	14,50	0,000001	0,074	0,0017	0,000008
											60,00	47,00	46,30	0,0000047	0,232	0,0069	8,10	7,90	0,000001	0,040	0,0010	0,000005
											65,00	33,46	33,76	0,0000034	0,172	0,0048	2,10	2,20	0,000000	0,010	0,0003	0,000004
											70,00	18,10	17,80	0,0000018	0,091	0,0027	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,0000	0,000002
											75,00	11,00	9,80	0,0000010	0,053	0,0016	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,0000	0,000001
											80,00	5,80	5,80	0,0000006	0,029	0,0009	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,0000	0,000001
											85,00	5,80	5,80	0,0000006	0,029	0,0009	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,0000	0,000001

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

6. 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 (22) Salah satu contoh perhitungan besarnya daya pompa pada model pompa dengan diameter (\emptyset) 3,0 cm untuk menaikkan air pada ketinggian 35 cm dengan periode (T) 1,3 detik dan stroke 8 adalah sebagai berikut :

$$D_p = \frac{Q \times H \times \gamma \times g}{\eta T}$$

$$D_p = \frac{0,0000157 \times 0,35 \times 1000 \times 9,81}{0,0127}$$

$$= 4,5184 \text{ N m/dtk}$$

Berikut beberapa data hasil perhitungan daya pompa dengan menggunakan model diameter (\emptyset) 3,0 cm yang dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan daya pompa pada model diameter 3.0

Jenis Model	D	massa pelampung	T	H belakang model	H depan model	L	h piston bawah	h piston atas	stroke	t	tinggi outlet	dp	Q outlet bawah	Q rata rata outlet bawah	Q	V	Q outlet atas	Q rata rata outlet atas	Q	V	Q total	
cm	cm	kg	dkk	cm	cm	cm	cm	cm	cm	detik	cm	N m/dkk	ml/10 dkk	ml/10 dkk	ml/10 dkk	m/s	ml/10 dkk	ml/10 dkk	ml/10 dkk	m/s	m ³ /dkk	m ³ /dkk
diameter 3.0	29,00	1,00	1,30	7,40	8,50	1,94	2,50	1,70	8,00	10,00	35,00	4,5184	167,30	167,40	67,30	0,853	67,27	0,000023	67,00	0,000007	0,343	0,000023
											40,00	4,5184	130,80	131,70	52,70	0,671	51,73	0,000018	51,20	0,264	0,000018	
											45,00	4,5184	109,30	109,73	32,30	0,559	31,93	0,000014	31,80	0,163	0,000014	
											50,00	4,5184	87,70	87,83	22,10	0,448	22,40	0,000011	22,40	0,114	0,000011	
											55,00	4,5184	65,10	62,33	14,30	0,312	14,50	0,000008	14,30	0,074	0,000008	
											60,00	4,5184	46,60	46,83	8,10	0,239	8,10	0,000005	8,10	0,040	0,000005	
											65,00	4,5184	33,40	33,27	2,10	0,172	2,10	0,000004	2,10	0,010	0,000004	
											70,00	4,5184	18,10	13,87	0,091	0,091	0,000002	0,000000	0,000	0,000	0,000002	
											75,00	4,5184	9,80	10,40	0,053	0,053	0,000001	0,000000	0,000	0,000	0,000001	
											80,00	4,5184	6,10	5,90	0,030	0,030	0,000000	0,000000	0,000	0,000	0,000000	
											85,00	4,5184	5,80	5,80	0,000	0,000	0,000000	0,000000	0,000	0,000	0,000000	

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

7. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dapat kita hitung menggunakan persamaan (28). Berdasarkan debit yang dihasilkan oleh model pompa berdiameter (\emptyset) 3.0 cm pada kedalaman (d) 29 cm dengan periode (T) 1.3, stroke 8 dan tinggi pemompaan 35 cm. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Kecepatan aliran yang keluar dari outle bawah

$$V = Q/A$$

$$= 0.0000167 / 1.962 \times 10^{-6}$$

$$V = 0.852 \text{ m/dtk}$$

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) 3.0 cm yang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan kecepatan aliran pada model diameter 3.0

Jenis Model cm	D cm	massa pelampung kg	T dtk	H belakang model cm	H depan model cm	L cm	h piston atas cm	h piston bawah cm	strok cm	t detik	tinggi outlet cm	Q outlet bawah/outlet ml/10 dtk	Q rata rata outlet bawah ml/10 dtk	Q m ³ /dtk	V m/s	Q outlet atas ml/10 dtk	Q rata rata outlet atas ml/10 dtk	Q m ³ /dtk	V m/s	Q total m ³ /dtk
diameter 3.0	29,00	1,00	1,30	7,40	8,50	1,94	1,70	2,50	8,00	10,00	35,00	167,30	167,40	0,0000167	0,853	67,50	67,27	0,000007	0,343	0,000023
											166,80	166,80	0,0000167	0,853	67,50	67,27	0,000007	0,343	0,000023	
											40,00	130,80	131,60	0,0000132	0,671	51,20	51,73	0,000005	0,264	0,000018
											131,70	131,70	0,0000132	0,671	51,20	51,73	0,000005	0,264	0,000018	
											109,30	109,30	0,0000110	0,559	32,30	31,93	0,000003	0,163	0,000014	
											110,10	109,80	0,0000110	0,559	31,70	31,80	0,000003	0,163	0,000014	
											87,70	87,70	0,0000083	0,448	22,10	22,10	0,000002	0,114	0,000011	
											87,30	87,30	0,0000083	0,448	22,70	22,70	0,000002	0,114	0,000011	
											88,30	88,30	0,0000083	0,448	22,40	22,40	0,000002	0,114	0,000011	
											61,20	61,20	0,0000062	0,368	14,30	14,30	0,000001	0,074	0,000008	
											63,10	62,33	0,0000062	0,368	14,70	14,70	0,000001	0,074	0,000008	
											62,70	62,70	0,0000062	0,368	14,50	14,50	0,000001	0,074	0,000008	
69,00	66,80	0,0000047	0,289	8,10	8,10	0,000001	0,040	0,000005												
66,50	66,50	0,0000047	0,289	7,90	7,90	0,000001	0,040	0,000005												
65,00	64,20	0,0000034	0,272	7,50	7,50	0,000001	0,040	0,000005												
65,00	64,20	0,0000034	0,272	7,50	7,50	0,000001	0,040	0,000005												
65,00	64,20	0,0000034	0,272	7,50	7,50	0,000001	0,040	0,000005												
70,00	67,80	0,0000018	0,187	2,10	2,10	0,000000	0,010	0,000004												
67,70	67,70	0,0000018	0,187	2,20	2,20	0,000000	0,010	0,000004												
67,70	67,70	0,0000018	0,187	2,20	2,20	0,000000	0,010	0,000004												
75,00	9,80	0,0000010	0,053	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,000002												
14,30	14,30	0,0000010	0,053	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,000002												
6,10	6,10	0,0000006	0,030	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,000001												
5,80	5,80	0,0000006	0,030	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,000001												
5,80	5,80	0,0000006	0,030	0,00	0,00	0,000000	0,000	0,000001												

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

8. Kehilangan Energi

Kehilangan energi dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Kehilangan energi dapat dihitung menggunakan persamaan (24) dan (27). Adapun kehilangan energi yang terjadi pada model pompa berdiameter (\emptyset) 3.0 dengan kedalaman (d) 29 cm, periode (T) 1.3 detik, stroke 8, dan ketinggian pemompaan 35 cm adalah sebagai berikut :

a. Kehilangan energi akibat gesekan

$$Re = \frac{v \times d}{\mu/\rho}$$

$$= \frac{0,852 \times 0,005}{0,00899/1000}$$

$$= 474,412$$

$$f = 64/Re = 64/474,412 = 0,135$$

$$H_f = f \frac{L \times v^2}{D \times 2g}$$

$$= 0,135 \frac{1 \times 0,852^2}{0,005 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 1,00$$

Dimana :

H_f = kehilangan energi akibat gesekan

Re = bilangan reynold

V = kecepatan aliran

μ = viskositas air (0,00899)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

d = diameter pipa

f = koefisien kerugian

b. Kehilangan energi akibat perubahan penampang

$$h_e = K \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_e = (1 - 0,6)^2 \frac{0,635^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0059$$

Dimana :

h_e = kehilangan energi akibat perubahan penampang

$K = (1 - 0,6)^2$ (menurut triatmodjo, B tahun 2010)

Dari perhitungan diatas maka total head adalah

$$H = H_f + h_e$$

$$= 1,00 + 0,0059$$

$$= 1,0059 \text{ m}$$

Dimana :

h_e = kehilangan energi akibat perubahan penampang

H_f = kehilangan energi akibat gesekan

9. Tekanan Pompa (Head)

a. Tekanan hidrostatik

Berdasarkan persamaan (35) pada bab sebelumnya maka tekanan pompa dengan model pompa Ø 3.0 pada kedalaman (d) 29 cm, periode (T) 1.3, stroke 8 dan ketinggian pemompaan 35 cm adalah sebagai berikut.

1. Untuk outlet bawah

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

$$P = 1000 \times 9.81 \times 0.197$$

$$P = 1932.57 \text{ Pa}$$

Dimana :

P = tekanan (Pa)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

H = ketinggian air (m)

2. Untuk outlet atas

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

$$P = 1000 \times 9.81 \times 0.175$$

$$P = 1716.75 \text{ Pa}$$

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 0.2152 kg di air. Dan daya akibat gelombang berbeda-beda berdasarkan

tinggi gelombang. Pada perhitungan kali ini kita akan menggunakan daya gelombang yang dihasilkan model \varnothing 3.0 cm, periode (T) 1.3, stroke 8 pada ketinggian outlet 35 cm. Berikut perhitungan tekanan yang disebabkan oleh gaya :

1. Untuk outlet bawah

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

$$F = m \times g = 1.0 \times 9.81 = 9.81 \text{ N}$$

$$A \text{ tabung} = \pi r^2 = 3.14 \times 0.015^2 = 0.0007 \text{ m}^2$$

Sehingga :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1.0 \times 9.81}{0.0007} = 13885.35 \text{ Pa}$$

2. Untuk outlet atas

$$Dw = 4.5184 \text{ N m/dtk}$$

$$F = \frac{Dw}{v} = \frac{4.5184}{\sqrt{(9.81 \times 0.29)}} = 2.6788 \text{ N}$$

$$A \text{ tabung} = 0.0007 \text{ m}^2$$

Sehingga :

$$P = \frac{F}{A \text{ piston}} = \frac{2.6788}{0.0007} = 3791.76 \text{ Pa}$$

Sehingga total tekanan yang di hasilkan adalah sebagai berikut :

Untuk outlet bawah

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= 1932.57 + 13885.35 \\ &= 15817.920 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Untuk outlet atas

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= 1716.75 + 3791.76 \\ &= 5508.51 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Berikut beberapa data hasil perhitungan tekanan pompa dengan menggunakan model diameter (\emptyset) 3.0 cm yang dapat dilihat pada tabel 11.



Tabel 11. Perhitungan tekanan pompa pada model diameter 3.0

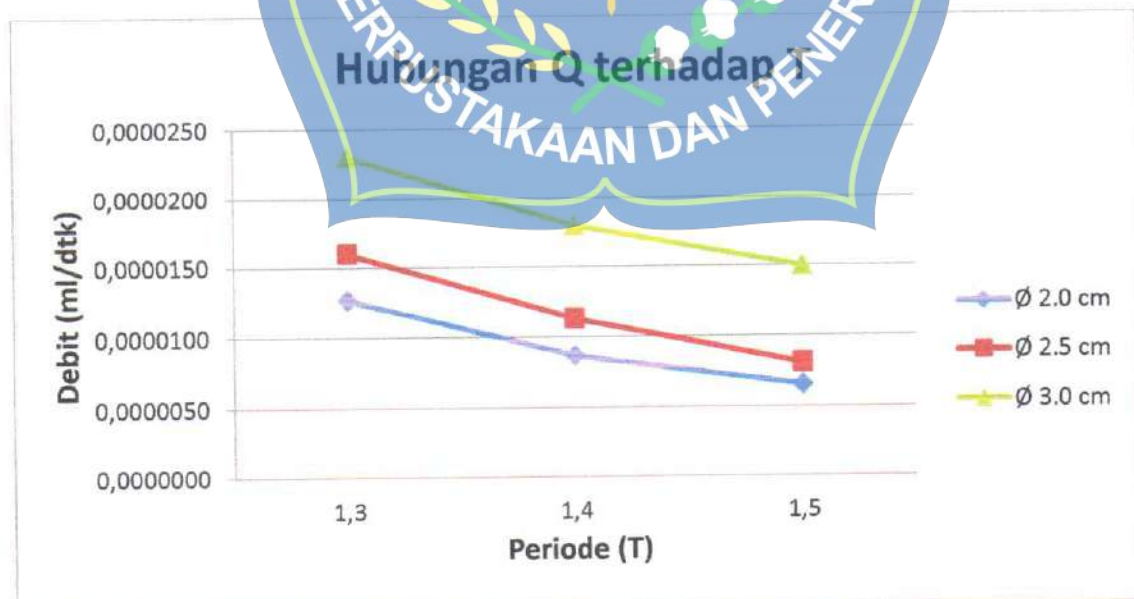
Jenis Model cm	D cm	massa pelampung kg	T dik	El belahang model cm	H depan model cm	L cm	h piston atas cm	h piston bawah cm	strok cm	t detik	tinggi outlet cm	Q outlet bawah ml/10 detik	Q outlet atas ml/10 detik	Q rata-rata outlet status ml/10 detik	Q outlet atas ml/10 detik	Tekanan Pa	V m/s	Q m ³ /detik	Q rata-rata outlet status ml/10 detik	V m/s	Tekanan Pa	Q m ³ /detik	V m/s	Tekanan Pa	Q m ³ /detik	Q total m ³ /detik											
diameter 3.0	29,00	1,00	1,30	7,40	8,50	1,94	1,70	2,50	8,00	10,00	35,00	167,30	168,10	167,40	0,0000167	0,853	15817,920	0,343	0,000007	67,20	67,20	15817,920	0,000007	0,343	5508,515	0,000023	0,000023										
											166,80	166,80	166,80	0,0000167	0,853	15817,920	0,264	0,0000065	67,50	67,50	15817,920	0,163	0,000003	67,50	15817,920	0,264	0,0000065	51,20	51,20	15817,920	0,000003	0,163	5508,515	0,000018	0,000018		
											40,00	130,80	131,60	131,60	0,0000132	0,671	15817,920	0,559	0,0000052	131,70	131,70	15817,920	0,3193	0,000003	31,80	31,80	15817,920	0,3193	0,163	15817,920	0,000003	0,163	5508,515	0,000014	0,000014		
											45,00	110,10	109,73	109,73	0,0000110	0,559	15817,920	0,559	0,0000052	109,73	109,73	15817,920	0,3193	0,000003	31,80	31,80	15817,920	0,3193	0,163	15817,920	0,000003	0,163	5508,515	0,000014	0,000014		
											50,00	97,50	97,83	97,83	0,0000098	0,448	15817,920	0,448	0,0000044	97,83	97,83	15817,920	0,22,40	0,000002	22,40	22,40	15817,920	0,22,40	0,000002	22,40	22,40	15817,920	0,000002	0,114	5508,515	0,000011	0,000011
											55,00	62,70	62,33	62,33	0,0000062	0,318	15817,920	0,318	0,0000031	62,33	62,33	15817,920	0,14,50	0,000001	14,50	14,50	15817,920	0,14,50	0,000001	14,50	14,50	15817,920	0,000001	0,074	5508,515	0,000008	0,000008
											60,00	46,60	46,83	46,83	0,0000046	0,239	15817,920	0,239	0,0000023	46,83	46,83	15817,920	0,8,10	0,000000	8,10	8,10	15817,920	0,8,10	0,000000	8,10	8,10	15817,920	0,000000	0,040	5508,515	0,000005	0,000005
											65,00	34,26	34,46	34,46	0,0000034	0,172	15817,920	0,172	0,0000017	34,46	34,46	15817,920	0,7,50	0,000000	7,50	7,50	15817,920	0,7,50	0,000000	7,50	7,50	15817,920	0,000000	0,010	5508,515	0,000004	0,000004
											70,00	23,70	23,70	23,70	0,0000023	0,126	15817,920	0,126	0,0000012	23,70	23,70	15817,920	0,2,20	0,000000	2,20	2,20	15817,920	0,2,20	0,000000	2,20	2,20	15817,920	0,000000	0,000	5508,515	0,000002	0,000002
											75,00	17,80	17,87	17,87	0,0000017	0,093	15817,920	0,093	0,0000009	17,87	17,87	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,000000	0,000	5508,515	0,000001	0,000001
											80,00	11,10	11,10	11,10	0,0000011	0,067	15817,920	0,067	0,0000006	11,10	11,10	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,000000	0,000	5508,515	0,000001	0,000001
											85,00	9,80	9,80	9,80	0,0000009	0,053	15817,920	0,053	0,0000005	9,80	9,80	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,000000	0,000	5508,515	0,000001	0,000001
90,00	6,10	6,10	6,10	0,0000006	0,039	15817,920	0,039	0,0000003	6,10	6,10	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,0,00	0,000000	0,00	0,00	15817,920	0,000000	0,000	5508,515	0,000001	0,000001											

Untuk data perhitungan selengkapnya dengan semua jenis model dapat dilihat pada tabel lampiran

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, ada tiga jenis model pompa yang akan diamati dengan variasi diameter tabung yang berbeda-beda yakni diameter (\emptyset) 3.0 cm, 2.5 cm, dan 2 cm pada kedalaman (d) 29 cm. Adapun variasi periode (T) yang akan digunakan yakni 1.3 detik, 1.4 detik, dan 1.5 detik. Dimana setiap periode akan diberi tiga variasi stroke (pembangkit) yakni stroke 6, 4, dan 8. Pembahasan untuk hasil penelitian ini akan dituangkan dalam bentuk grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Hubungan debit (Q) terhadap periode gelombang (T) pada model pompa \emptyset 2.0 cm, \emptyset 2.5 cm dan \emptyset 3.0 cm



Gambar 15. Grafik Hubungan Q terhadap T pada model pompa \emptyset 2.0 cm, \emptyset 2.5 cm dan \emptyset 3.0 cm

Pada gambar 15 grafik hubungan Q terhadap T untuk model pompa \emptyset 2.0 cm, \emptyset 2.5 cm dan \emptyset 3.0 cm menunjukkan bahwa semakin kecil periode gelombang maka debit yang dihasilkan semakin besar, berikut data debit dari hasil pemompaan :

- a. Debit yang dihasilkan model dengan \emptyset 2.0 cm

Periode 1.3 detik = $0,0000127 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.4 detik = $0,0000087 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.5 detik = $0,0000066 \text{ m}^3/\text{detik}$

- b. Debit yang dihasilkan model dengan \emptyset 2.5 cm

Periode 1.3 detik = $0,0000160 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.4 detik = $0,0000113 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.5 detik = $0,0000081 \text{ m}^3/\text{detik}$

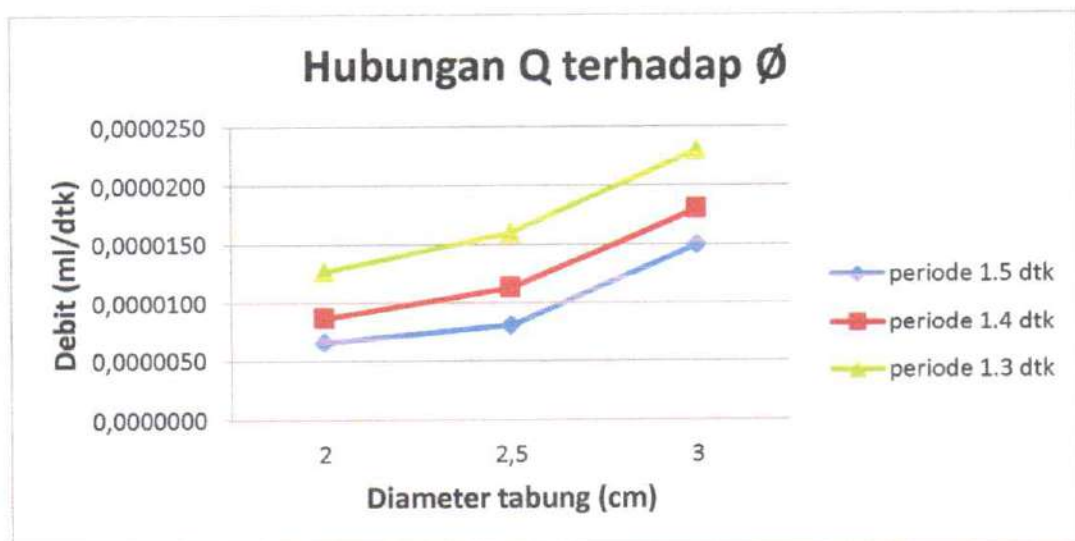
- c. Debit yang dihasilkan model dengan \emptyset 3.0 cm

Periode 1.3 detik = $0,0000230 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.4 detik = $0,0000180 \text{ m}^3/\text{detik}$

Periode 1.5 detik = $0,0000150 \text{ m}^3/\text{detik}$

2. Hubungan debit (Q) terhadap diameter tabung (\emptyset) pompa pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik



Gambar 16. Grafik Hubungan Q terhadap diameter (\emptyset) tabung pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik

Pada gambar 16 grafik hubungan Q terhadap diameter (\emptyset) tabung untuk periode gelombang 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik menunjukkan bahwa semakin besar ukuran diameter (\emptyset) tabung maka semakin besar pula debit hasil pemompaan, begitupun sebaliknya. Adapun debit hasil pemompaan adalah sebagai berikut:

a. Debit yang dihasilkan pada periode (T) 1.3 detik

$$\text{Diameter tabung 2.0 cm} = 0,0000127 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 2.5 cm} = 0,0000160 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 3.0 cm} = 0,0000230 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Debit yang dihasilkan pada periode (T) 1.4 detik

$$\text{Diameter tabung 2.0 cm} = 0,0000087 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 2.5 cm} = 0,0000113 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 3.0 cm} = 0,0000180 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Debit yang dihasilkan pada periode (T) 1.5 detik

$$\text{Diameter tabung 2.0 cm} = 0,0000066 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 2.5 cm} = 0,0000081 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter tabung 3.0 cm} = 0,0000150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

3. Hubungan diameter (\emptyset) tabung terhadap tekanan pompa (P) pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik



Gambar 17. Grafik Hubungan tekanan (P) terhadap diameter (\emptyset) tabung pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik

Pada gambar 17 grafik hubungan antara diameter (\emptyset) tabung terhadap tekanan (P) pompa pada periode 1.3 detik, 1.4 detik dan 1.5 detik menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter (\emptyset) tabung maka semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh pompa. Berikut data tekanan yang dihasilkan untuk tiap variasi diameter tabung :

a. Tekanan yang dihasilkan pada periode (T) 1.3 detik

Diameter tabung 2.0 cm = 33233,468 Pa

Diameter tabung 2.5 cm = 21956,904 Pa

Diameter tabung 3.0 cm = 15817,920 Pa

b. Tekanan yang dihasilkan pada periode (T) 1.4 detik

Diameter tabung 2.0 cm = 33204,034 Pa

Diameter tabung 2.5 cm = 21937,284 Pa

Diameter tabung 3.0 cm = 15788,490 Pa

c. Tekanan yang dihasilkan pada periode (T) 1.5 detik

Diameter tabung 2.0 cm = 33194,228 Pa

Diameter tabung 2.5 cm = 21907,854 Pa

Diameter tabung 3.0 cm = 15778,680 Pa



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah kami lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil perhitungan untuk tiap variasi diameter tabung dapat diketahui bahwa debit (Q) yang dihasilkan pada model $\varnothing 2.0 \text{ cm} = 0,0000127 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $\varnothing 2.5 \text{ cm} = 0,0000160 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan $\varnothing 3.0 \text{ cm} = 0,0000230 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Maka semakin besar ukuran diameter tabung pada pompa maka semakin besar pula debit yang dihasilkan.
2. Dari hasil perhitungan untuk tiap variasi diameter tabung pada kedalaman (h) 29 cm maka dapat diketahui bahwa diameter tabung yang efektif dan menghasilkan debit (Q) terbesar akibat tekanan pompa adalah pompa dengan diameter tabung $\varnothing 3.0 \text{ cm}$ dengan besar tekanan 15817,920 Pa dan menghasilkan debit (Q) sebesar $0,00000230 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

B. Saran

Kami sadar penelitian ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kami menyarankan penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa kondisi berikut:

1. Dalam penelitian ini ukuran diameter tabung pompa dapat dijadikan referensi untuk membuat pompa gelombang tipe pelampung, namun pada penelitian selanjutnya dapat di ubah ukuran diameter tabung pompa sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad. 2009. *Studi Model Sistem Penyerap Tenaga Gelombang Laut Jenis Silinder Osilasi Terpasang Tetap (Fixed Owc)*. Bengkulu : Universitas Bengkulu
- Azhar, dkk. 2004. *Sistem Pompa Tekanan Tinggi Tenaga Gelombang Laut Kerangka Dinamis*. Penelitian Swadana.
- Ahmad Aufa, Gatut Rubiono, Haris Mujianto. 2016. *Pengaruh Rasio Diameter Pipa Terhadap Perubahan Tekanan Pada Bernoulli Theorem Apparatus*. Banyuwangi : Universitas PGRI Banyuwangi
- Bambang Triatmodjo. 1999. *Teknik Pantai Beta Offset*. Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo. 2010. *Perencanaan Pelabuhan Beta offset*. Yogyakarta.
- Dwi Prasetio Utomo, Muhammad Agus Sahbana, Nova Risdiyanto ismail. 2014. *Perbedaan Diameter Pelampung Terhadap Kinerja Ocean Wave Energy Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik*.
- I Made Adi Sayoga, I Made Nuarsa. 2013. *Pemerataan Energi Gelombang Laut Dengan Sistem Berpiston Aksi Ganda*. NTB : Universitas Mataram
- Kurniati Abidin, Sri Wagiani. 2013. *Studi Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Air Melalui Pipa Venturi Dengan Perbedaan Diameter Pipa*. Palopo : Universitas Cokroaminoto Palopo
- Musriyal. 2015. *Refleksi Dan Overtopping Gelombang Pada Breakwater Dengan Pemusat Energi Bentuk Cekung*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Sunarto. 2003. *Geomorfologi dan Dinamika Pantai*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Siliman, P. 2001. Thesis: *Studi Efisiensi Pompa Air Laut Energi Gelombang Tipe Flap*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Tryantini sundi putri dkk. 2017. *Analisa Perubahan Debit Terhadap Perubahan Penampang Pada Pipa (Uji Laboratorium)*. Kendari : Universitas Halu Oleo.
- Pongmanda, Silman dkk. 2003. *Studi Efisiensi Pompa Air Laut Energi Gelombang Tipe Flap*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.

Regan Yuan Pradana. Edi Widodo. 2017. *Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan Pvc Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air*. Sidoarjo : Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Yuwono, Nur. 1996. *Perencanaan Model Hidrolik (Hydraulic Modelling)*. Laboratorium Hidrolik dan Hidrologi, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik-UGM. Yogyakarta.

