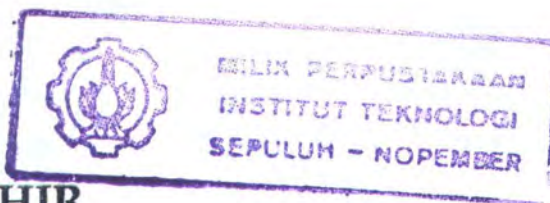


22500/H/05



TUGAS AKHIR

LL 1327

ANALISA NUMERIK PERBANDINGAN TEKANAN PADA SISTEM KONVERSI ENERGI GELOMBANG LAUT JENIS OWC DENGAN BOTTOM ENTRANCE DAN LATERAL ENTRANCE



RSKe
551.463
Ari
9-1

2005

Oleh :

ARIFIN

NRP : 4300 100 050

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	16-2-2005
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	221/46

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA NUMERIK PERBANDINGAN TEKANAN PADA SISTEM KONVERSI ENERGI GELOMBANG LAUT JENIS OWC DENGAN BOTTOM ENTRANCE DAN LATERAL ENTRANCE



ARIFIN

NRP : 4300 100 050

Surabaya, Pebruari 2005

Mengetahui / menyetujui

Pembimbing I

Ir. Arief Suroso, MSc

NIP. 130 937 969

Pembimbing II

Dr. Ir. Wisnu Wardhana, MSc

NIP. 68 001 934

Ketua Jurusan Teknik Kelautan



Ir. Imam Rochani, MSc

NIP. 131 417 209

ABSTRAK

System konversi energi gelombang laut jenis *Oscilating Water Column* (OWC) mempunyai dua model yaitu dengan bukaan bawah (*bottom entrance*) dan bukaan depan (*lateral entrance*). Studi ini dilakukan untuk mencari besarnya tekanan pada orifice (lubang angin) pada bukaan bawah dan bukaan depan. Variasi tinggi gelombang laut (H) dan periode gelombang laut (T) dapat menghasilkan tekanan yang bervariasi. Model bukaan bawah menghasilkan tekanan maksimum sebesar 24759.92 N/m² pada tinggi gelombang (H) 2.5 meter dan periode gelombang (T) 5 detik. Tekanan ini meningkat sekitar 19% - 36% seiring dengan peningkatan tinggi gelombang dan turun sekitar 12.10% - 17.35% seiring dengan peningkatan periode gelombang (T). Model bukaan depan menghasilkan tekanan maksimum sebesar 12646.09 N/m² pada tinggi gelombang (H) 2.5 meter dan periode gelombang (T) 5 detik. Tekanan meningkat sekitar 18.90% - 35.70% seiring dengan peningkatan tinggi gelombang dan turun sekitar 11.90% - 17.31% seiring dengan peningkatan periode gelombang (T). Hasil analisa studi ini menyimpulkan bahwa system konversi energi gelombang laut jenis *Oscilating Water Coloumn* dengan bukaan bawah menghasilkan tekanan 49.92% - 52.21% lebih besar dibandingkan bukaan depan.

Kata kunci: OWC,, bukaan bawah, bukaan depan, periode gelombang, tinggi gelombang, tekanan.

ABSTRACT

Oscillating Water Coloumn type of sea wave conversion system consist of two different models that is bottom entrance and lateral entrance. The main objective in this study was to evaluate both of bottom entrance and lateral entrance orifice pressure. Different pressure measured from vary sea wave height (H) and sea wave period (T). Maximum pressure of bottom entrance at 24759.92 N/m² occurred at 2.5 meter wave height and 5 second wave period. Increasing 19% - 36% pressure associated with increasing sea wave height and decreasing 12.10% - 17.35% pressure associated with increasing sea wave periode. While in lateral entrance, maximum pressure 12646.09 N/m² occurred at 2.5 meter sea wave height with 5 second sea wave period. Increasing 18.90% - 35.70% pressure associated with increasing sea wave height and decreasing 11.90% - 17.31% pressure associated with increasing wave periode. The conclusion from this study is Oscillating Water Coloumn (OWC) type of wave energy conversion system with bottom entrance existing 49.92% - 52.21% higher pressure than lateral entrance.

Key words: OWC,, bottom entrance, lateral entrance, wave periode, wave height.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil'aalamin, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala nikmat-Nya baik nikmat sehat maupun iman serta nikmat ilmu yang telah diberikan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul "ANALISA NUMERIK PERBANDINGAN TEKANAN PADA SISTEM KONVERSI ENERGI GELOMBANG LAUT JENIS OWC DENGAN BOTTOM ENTRANCE DAN LATERAL ENTRANCE"

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan strata I (SI) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya. Penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Arief Suroso Msc selaku dosen pembimbing penyusun, ditengah kesibukannya beliau masih meluangkan waktu untuk membimbing penyusun.
2. Dr. Ir Wisnu Wardhana MSc selaku dosen pembimbing penyusun, ditengah kesibukannya beliau masih meluangkan waktu untuk membimbing penyusun
3. Bapak Ir. Imam Rochani, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan, FTK – ITS, ditengah kesibukannya beliau masih meluangkan waktu untuk membimbing penyusun.
4. Kedua orang tua penyusun (Suyitno's family) yang telah memberikan dorongan moral maupun material juga Jayeng makasih suportnya
5. My sweety DCM, makasih suportnya dan semangatnya.
6. Teman-temanku setim, Sofiyan (Jon) dan Aries (A tse) ma'kasih ya
7. Konco-koncoku sajursan

Penulis sadar bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran penulis harapkan demi sempurnanya laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi orang banyak sehingga merupakan berkah tersendiri bagi penulis

Surabaya, 14 Januari 2005

Arifin

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Konversi Energi Gelombang Laut.....	5
2.2 Fluid Propertis.....	5
2.3 Persamaan Kontinuitas.....	8
2.4 Potensial Kecepatan.....	9
2.5 Persamaan Bernoulli.....	10
2.6 Teori Gelombang Reguler.....	11
2.7 Mekanisme Oscilating Water Column.....	14
2.8. Massa Tambah.....	19

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur.....	20
3.2 Menghitung Massa Tambah.....	20
3.3 Menentukan Dimensi Sistem OWC.....	20
3.4 Menghitung Tekanan.....	21
3.5 Membandingkan Tekanan.....	23
3.6 Membuat Laporan.....	23
3.7 Selesai.....	23

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Massa Tambah.....	25
4.2 Perbandingan Tekanan.....	25
4.2.1 Untuk T Tetap dan H Variasi.....	25
4.2.2 Untuk H Tetap dan T Variasi.....	30
4.3 Validasi hasil perhitungan dengan percobaan sebelumnya.....	35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERBANDINGAN TEKANAN PADA ORIFICE

LAMPIRAN B PERHITUNGAN TEKANAN PADA JENIS BOTTOM

ENTRANCE

LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKANAN PADA JENIS LATERAL

ENTRANCE

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Sistem konversi energi gelombang (OWC)	
(a) tipe bottom entrance dan (b) tipe lateral entrance.....	2
Gambar 2.1 Tabung alir dengan dua luasan.....	7
Gambar 2.2 Integrasi path antara titik didalam fluida.....	9
Gambar 2.3 Bentuk umum gelombang reguler.....	11
Gambar 2.4 Regions of validity dari bermacam-macam teori gelombang.....	14
Gambar 2.5 Sistem OWC dengan bukaan bawah (bottom entrance).....	15
Gambar 2.6 Sistem OWC dengan bukaan depan (bottom entrance).....	18
Gambar 3.1 Alur penyelesaian tugas akhir.....	24
Gambar 4.1 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 5$ detik dan H variasi.....	25
Gambar 4.2 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 5.5$ detik dan H variasi.....	26
Gambar 4.3 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 6$ detik dan H variasi.....	27
Gambar 4.4 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 6.5$ detik dan H variasi.....	27
Gambar 4.5 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 7$ detik dan H variasi.....	28
Gambar 4.6 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 7.5$ detik dan H variasi.....	29
Gambar 4.7 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 8$ detik dan H variasi.....	29
Gambar 4.8 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 1$ detik dan T variasi.....	30
Gambar 4.9 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 1.25$ detik dan T variasi.....	31
Gambar 4.10 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 1.5$ detik dan T variasi.....	31

lateral entrance dengan $H = 1.5$ detik dan T variasi.....	31
Gambar 4.11 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 1.75$ detik dan T variasi.....	32
Gambar 4.12 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 2$ detik dan T variasi.....	33
Gambar 4.13 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 2.25$ detik dan T variasi.....	33
Gambar 4.14 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 2.5$ detik dan T variasi.....	34
Gambar 4.15 Grafik hubungan tekanan dengan tinggi gelombang (Eksperimen).....	35
Gambar 4.16 Grafik hubungan tekanan dengan periode gelombang (Eksperimen)...	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perbandingan Tekanan Pada orifice

Lampiran B Perhitungan Tekanan Pada Jenis Bottom Entrance

Lampiran C Perhitungan Tekanan Pada Jenis Lateral Entrance



BAB I
PENDAHULUAN

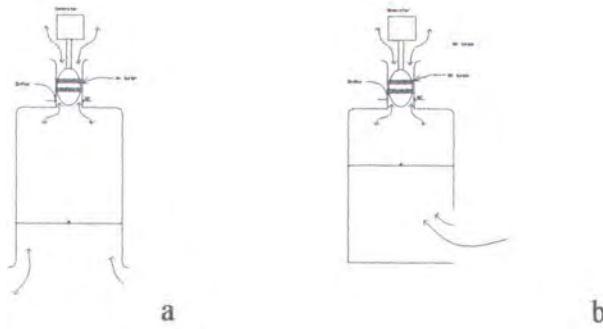
BABI PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pendayagunaan sumber energi laut, khususnya energi gelombang laut sebagai energi alternatif untuk masa mendatang, tampak sekilas memberikan harapan yang cukup baik bagi pemenuhan kebutuhan energi dunia, disamping sumber daya energi lain yang telah ada, yaitu energi panas bumi, batu bara serta minyak bumi. Hal ini didukung oleh semakin menipisnya cadangan minyak Indonesia yang tinggal sepuluh tahun lagi Surtjayono (2004). Sumber daya alam gas dan minyak di Indonesia bukan berarti dapat terus dieksplorasi, sumber daya alam akan mengalami masa titik klimaks, berkurangnya jumlah produksi, proses ini akan terjadi jika jumlah titik yang akan dieksplorasi tidak lagi ditemukan. Jika ditinjau lebih lanjut, sumber daya energi gelombang merupakan sumber energi yang selalu tersedia secara kontinyu dan hal ini merupakan suatu nilai tambah tersendiri dibandingkan dengan sumber daya energi lainnya. Dasar inilah yang kemudian menimbulkan suatu gagasan bagaimana memanfaatkan sumber daya energi gelombang yang ada secara kontinyu tersebut secara maksimal menjadi sumber daya energi yang bermanfaat dan berdayaguna.

Untuk menjawab tantangan tersebut di atas, beberapa peneliti mencoba memberikan kontribusi terhadap penciptaan sistem konversi energi gelombang laut. Salah satu diantaranya adalah kajian tentang sistem konversi energi gelombang laut tipe *Oscillating Water Column* (OWC), yang dinilai mempunyai prospek yang cukup baik bagi pengembangan sumber daya energi alternatif masa yang akan datang Xiangying et al.(1989).

Secara umum OWC terdiri dari kolom air (*water colum*) turbin penggerak serta pusat pembangkit (generator). Dalam perkembangannya sistem ini dapat dikalsifikasikan menjadi dua yaitu dengan kolom air bukaan bawah (*bottom entrance*) dan bukaan depan (*lateral entrance*) seperti yang tampak pada Gambar 1.1 berikut:



Gambar 1.1 Sistem konversi energi gelombang (OWC) (a) tipe *bottom entrance* dan (b) tipe *lateral entrance*

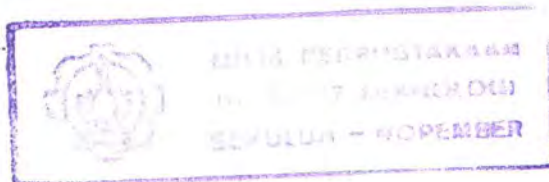
1.2. Perumusan Masalah

Sistem konversi gelombang laut jenis *Oscillating Water Column* (OWC) dengan menggunakan kolom air adalah sistem energi yang memanfaatkan adanya osilasi air laut yang terjadi didalam kolom air tersebut, akibat adanya hampasan gelombang yang mengenai sistem, osilasi air kemudian menggerakkan volume udara yang terjebak didalam kolom air tersebut sehingga gerakan udara yang fluktuatif keluar melalui lubang angin bagian atas (*orifice*) dari sistem owc. Gerakan udara atau tekanan udara yang keluar melalui *orifice* digunakan untuk menggerakkan turbin yang selanjutnya berfungsi untuk menggerakkan generator yang terpasang di *orifice*. Ada dua model sistem konversi energi gelombang laut jenis owc yaitu bukaan bawah dan bukaan depan. Pada penelitian ini akan dibandingkan besarnya tekanan yang dihasilkan oleh masing-masing model tersebut.

1.3. Tujuan

Studi ini bertujuan untuk :

1. Mencari berapa besarnya tekanan pada sistem konversi energi gelombang laut jenis bukaan bawah (*botom entrance*) dengan variasi H dan T, serta bagaimana pengaruh dari variasi tersebut.
2. Mencari berapa besarnya tekanan pada sistem konversi energi gelombang laut jenis bukaan depan (*lateral entrance*) dengan variasi H dan T, serta bagaimana pengaruh dari variasi tersebut.
3. Membandingkan antara keduanya.



1.4. Manfaat

Manfaat yang didapat dari studi ini adalah

1. Mengetahui secara perhitungan besarnya tekanan yang dihasilkan dari sistem konversi energi gelombang jenis *Oscillating Water Column* (OWC) bukan bawah (*botom entrance*) serta pengaruh dari variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T)
2. Mengetahui secara perhitungan besarnya tekanan yang dihasilkan dari sistem konversi energi gelombang jenis *Oscillating Water Column* (OWC) bukan depan (*lateral entrance*) serta pengaruh dari variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T)
3. Dapat mengetahui tekanan pada model mana yang paling besar.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memudahkan dalam pencapaian tujuan maka dalam studi ini diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Gelombang Reguler (Teori gelombang linier)
2. Fluida diasumsikan *inviscid, incompressible, irrotasional*
3. Profil muka air pada owc sama dengan permukaan bebas.
4. Dasar perairan rata dan kedap
5. Kedalam air konstan
6. Defraksi diabaikan
7. Kondisi Struktur tetap (*fixed*)
8. Analisa teknis sistem pembangkit tenaga (generator) serta turbin penggerak tak dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Duraikan tentang dasar pemikiran dan latar belakang yang melandasi penelitian ini, tujuan dan manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian, serta batasan-batasan

Bab I Pendahuluan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Diuraikan landasan teori yang membantu dalam menyelesaikan masalah-masalah yang ada dalam mencapai tujuan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI

Berisikan prosedur atau metode perhitungan untuk kedua model yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisikan grafik sehingga mudah untuk dianalisa

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hasil-hasil yang diperoleh setelah dilakukan analisa dan pembahasan dan juga saran untuk dilakukan penelitian yang lebih lanjut guna penyempurnaan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Konversi Energi Gelombang Laut

Menurut Masuda (1971), gelombang laut merupakan salah satu bentuk energi yang bisa dimanfaatkan dengan mengetahui tinggi gelombang, panjang gelombang, dan periode waktunya. Ada empat teknologi energi gelombang yaitu sistem rakit Cockerell, tabung tegak Kayser, pelampung Salter, dan tabung.

Sistem rakit Cockerell berbentuk untaian rakit-rakit yang saling dihubungkan dengan engsel-engsel dan sistem ini bergerak naik turun mengikuti gelombang laut. Gerakan relatif rakit-rakit menggerakkan pompa hidrolis yang berada di antara dua rakit. Sistem tabung tegak Kayser menggunakan pelampung yang bergerak naik turun dalam tabung karena adanya tekanan air. Gerakan relatif antara pelampung dan tabung menimbulkan tekanan hidrolis yang dapat diubah menjadi energi listrik. Sistem Pelampung Salter memanfaatkan gerakan relatif antara bagian/pembungkus luar (*external hull*) dan bandul didalamnya (*internal pendulum*) untuk diubah menjadi energi listrik. Pada sistem tabung Masuda metodenya adalah memanfaatkan gerak gelombang laut masuk ke dalam ruang bawah dalam pelampung dan menimbulkan gerakan perpindahan udara di bagian ruangan atas dalam pelampung. Gerakan perpindahan udara ini dapat menggerakkan turbin udara. Negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, Jepang, Finlandia, dan Belanda, banyak menaruh perhatian pada energi ini Harsono A (2003). Lokasi potensial untuk membangun sistem energi gelombang adalah di laut lepas, daerah lintang sedang dan di perairan pantai. Energi gelombang bisa dikembangkan di Indonesia di laut selatan Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.

2.2 Fluid Propertis

Pengertian dan faktor dasar yang mempunyai perilaku fluida dapat diasumsikan bahwa fluida terdiri dari molekul kecil yang terdistribusi dalam suatu ruangan. Berdasarkan asumsi tersebut hal ini dapat diterangkan bahwa :

1. Fluida tidak seperti benda solid dan tidak mampu menjaga gaya geser (gaya yang bekerja secara tangensial terhadap permukaan) dikarenakan molekulnya

gaya geser (*shear*) yang bekerja tegak lurus luasan permukaan fluida. Untuk stressnya dapat dikatakan bahwa stress adalah gaya di bagi dengan luasan.

Gaya geser mempunyai tanda positif, apabila bekerja searah dengan kecepatannya. Sedangkan viskositas sendiri adalah skalar dimana berbeda untuk fluida yang berlainan dan sangat tergantung oleh temperatur. Gaya tekan yang bekerja pada luasan datar di dalam fluida adalah perbandingan total gaya normal terhadap luasan tersebut. Tekanan pada sebuah titik adalah harga batas dari tekanan rata-rata yang menjadikannya sangat kecil. Tekanan pada setiap titik dapat dikatakan sebagai gaya rata-rata yang tegak lurus suatu luasan. Dalam keberadaan *shear stress* adalah sama dan besarnya tekannya tidak tergantung orientasi luasannya.

Tergantung pada kondisi aliran fluida maka aliran fluida terbagi menjadi tiga daerah, yaitu :

1. Laminer : daerah dimana partikel fluida bergerak melalui tembok yang halus dan menghasilkan path yang tidak melintas partikel disebelahnya.
2. Turbulent : daerah dimana partikel fluida bergerak secara random tidak teratur, tidak dapat diterka, irreguler, dan pergerakannya superimposed.
3. Transisi : daerah dimana antara laminer dan turbulent.

Dalam pengertian hidrodinamika sering digunakan istilah *derivatives* dan *rates of change* (penurunan dan perubahan rata-rata) δx , δy , δz adalah kenaikan perubahan yang kecil pada arah x, y, z pada koordinat cartesian. Partial derivite dari fungsi $u(x,y)$ terhadap y, $\frac{\delta u}{\delta y}$, adalah :

$$\frac{\delta u}{\delta y} = \lim_{\delta y \rightarrow 0} \frac{u(x, y + \delta y) - u(x, y)}{\delta y} = \lim_{\delta y \rightarrow 0} \frac{\delta u}{\delta y} \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika $u(x, y)$ ditulis dalam bentuk permukaan, $\frac{\delta u}{\delta y}$ adalah *slope* dari permukaan pada arah paralel terhadap axis y, maka x konstan. Perubahan dalam u du, sehubungan dengan kenaikan yang cukup kecil dalam y dy dapat ditulis sebagai :

$$\delta u = \frac{\delta u}{\delta y} \delta y \dots \dots \dots (2.2)$$

jika $u=u_0$ pada (x_0, y_0) .

Maka $u = u_0 + \delta u = u_0 + \frac{\delta u}{\delta y} \delta y$, pada $(x_0, y_0 + \delta y)$(2.3)

Substantive derivative, D/Dt dapat ditulis :

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\delta}{\delta t} + u \frac{\delta}{\delta x} + v \frac{\delta}{\delta y} + w \frac{\delta}{\delta z}$$
.....(2.4)

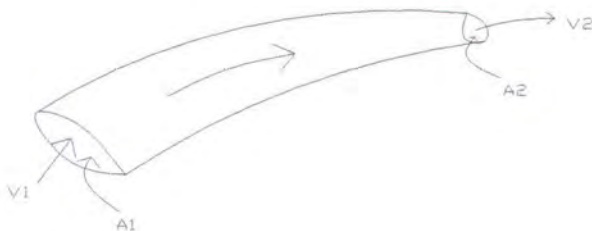
dan menyatakan bahwa perubahan rata-rata mengikuti fluida dan respek terhadap sistem koordinat dalam ruang (*eularian system*), seperti temperatur. Operator vektornya dapat ditulis sebagai :

$$\nabla = i \frac{\delta}{\delta x} + j \frac{\delta}{\delta y} + k \frac{\delta}{\delta z}, i, j, k \text{ adalah unit vektor}$$
.....(2.5)

2.3 Persamaan Kontinuitas

Aliran dan perilaku dari fluida dapat digambarkan sebagai persamaan dasar tertentu , dan dikarenakan sebagai partikel elemen yang kecil maka dapat diekspresikan dalam berbagai bentuk persamaan. Persamaan kontinyuitas dinyatakan sebagai prinsip konservasi massa, dimana fluida mengalir dia antara dua titik massa yang mengalir adalah sama pada setiap titiknya. Tentunya hal ini tidak berlaku apabila fluida massanya berkurang atau bertambah pada setiap titiknya. Pada contoh yang mudah untuk aliran *steady* dan satu dimensi, maka persamaannya adalah $m = \rho_1.A_1.u_1 = \rho_2.A_2.u_2$, dimana A adalah luasan dan u adalah kecepatan. Pada aliran *unsteady* persamaannya menjadi :

$$\frac{\delta(\rho u)}{\delta x} = \frac{\delta P}{\delta t}$$
.....(2.6)



Gambar 2.1 Tabung alir dengan dua luasan

Kecepatan fluida dapat diekspresikan pada dua atau tiga dimensi, apabila komponen kecepataannya adalah u, v, w pada arah x, y, z maka persamaan kontinuitas

$$\frac{\delta(\rho u)}{\delta x} + \frac{\delta(\rho v)}{\delta y} + \frac{\delta(\rho w)}{\delta z} = -\frac{\delta(\rho)}{\delta t} \dots\dots\dots(2.7)$$

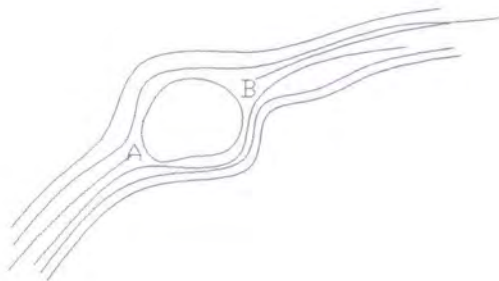
Untuk fluida incompressible dan diaplikasikan konservasi massanya maka persamaan

diatas menjadi $\frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} + \frac{\delta w}{\delta z} = 0 \quad \nabla \cdot u = 0 \dots\dots\dots(2.8)$

2.4 Potensial Kecepatan

Dari stokes dapat dilihat bahwa garis integrasi dari $v \cdot ds$ disekitar path pada aliran irrotasional adalah 0. jadi jika A dan B pada gambar mewakili dua titik pada *closed path*, garis integral dari A ke B sepanjang cabang adalah sama. Dengan kata lain bahwa garis integral sepanjang setiap path yang menghubungkan titik A dan B adalah tidak tergantung dari path, oleh karenanya harga tersebut tergantung dari fungsi limit integralnya, yaitu :

$$\oint v \cdot ds = \oint (u dx + v dy + w dz) = f(A, B) \dots\dots\dots(2.9)$$



Gambar 2.2 Integrasi path antara titik didalam fluida

Sebaliknya, garis integral tersebut dapat tidak tergantung pathnya apabila integrasinya adalah harga mutlak differensialnya. Fungsi tersebut dapat ditulis sebagai $\phi(x, y, z)$ dan disebut potensial kecepatan. Apabila dikembangkan dalam bentuk diferensial totalnya $d\phi$ dan di setkan dengan integrasi $v \cdot ds$ maka didapat :

$$u dx + v dy + w dz = d\phi = \frac{\delta\phi}{\delta x} dx + \frac{\delta\phi}{\delta y} dy + \frac{\delta\phi}{\delta z} dz \dots\dots\dots(2.10)$$

Apabila bentuk persamaan tersebut identik, maka koefisien dx, dy, dz adalah sama yaitu :

$$u = \frac{\delta\phi}{\delta x} ; v = \frac{\delta\phi}{\delta y} ; w = \frac{\delta\phi}{\delta z} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dalam koordinat polarnya dapat ditulis :

$$u_r = \frac{\delta\phi}{\delta r} ; u_\theta = \frac{1}{r} \frac{\delta\phi}{\delta \theta} ; u_z = \frac{\delta\phi}{\delta z} \dots\dots\dots(2.12)$$

dalam bentuk vektor ditulis :

$$V = \text{grad}\phi = \nabla\phi \dots\dots\dots(2.13)$$

2.5 Persamaan Bernoulli

Prinsip dari energi konservasi adalah energi tidak dapat ditambahkan ataupun dikurangi. Energi dapat ditransformasikan dari satu ke tempat lain, tetapi energi total pada fluida tetap konstan. Bentuk energi dapat ditulis:

1. Pressure energy : $\frac{P}{\rho} (J / kg) \dots\dots\dots(2.14)$

2. Kinetic energy : $\frac{1}{2} v^2 (J / kg) (v = \text{kecepatan fluida}) \dots\dots\dots(2.15)$

3. Potensial energy : $gz (J / kg) \dots\dots\dots(2.16)$

4. Internal energy : $e = CvT (J / kg) \dots\dots\dots(2.17)$

5. Enthalpy : $h = CpT (J / kg) = e + \frac{P}{\rho} \dots\dots\dots(2.18)$

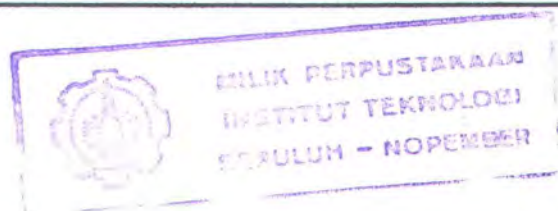
Sehingga persamaan untuk konservasi energinya adalah:

$$Q - W_s = \Delta(h + gz + \frac{1}{2}v^2) \dots\dots\dots(2.19)$$

atau dalam bentuk differensialnya dapat ditulis

$$Q - W_s = dh + gdz + vdv \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana Q adalah penambahan panas dan W_s adalah *work done*.

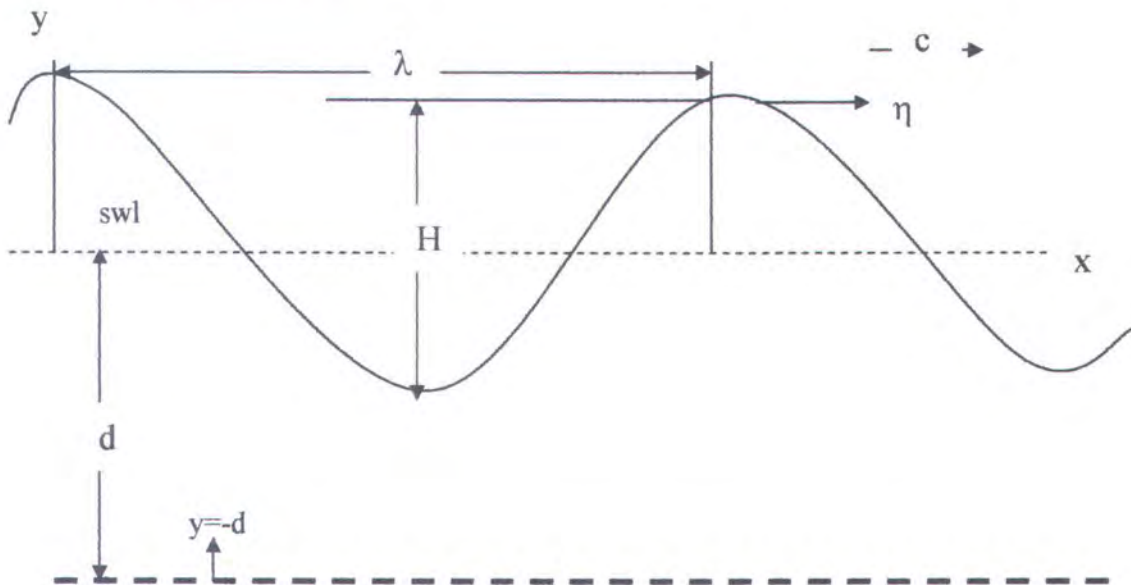


Pada permasalahan yang umum aliran fluida tidak memasukkan kerja luar, dan jika aliran fluida adiabatic (tidak ada perpindahan panas baik ke dalam maupun keluar), maka persamaan di atas menjadi: $dh + gdz + vdv = 0$, atau $h + gz + \frac{1}{2} v^2 = \text{konstan}$. Bentuk alternatif yang lain yaitu, $dp + \rho gdz + \rho vdv = 0$, atau $p + \rho gz + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstan}$, persamaan ini sering disebut sebagai persamaan Bernoulli.

Pada kasus aliran fluida di dalam pipa atau duct, maka persamaan Bernoulli menjadi: $dp + \rho gdz + \rho vdv + dp_f = 0$ atau $p + \rho gz + \frac{1}{2} \rho v^2 + \Delta p_f = \text{konstan}$, dimana Δp_f adalah penurunan tekanan yang diakibatkan oleh kekasaran permukaan. Persamaan di atas juga dapat digunakan dalam kasus stagnation enthalpi h_0 atau tekanan p_0 , yang dapat ditulis: $h_0 = h + \frac{1}{2} v^2$ atau $dh_0 = dh + vdv$ $dp_0 = dp + \rho vdv$.

2.6 Teori Gelombang Reguler

Gelombang reguler adalah suatu perambatan dari dua dimensi gelombang yang periodik dan dapat dibagi kedalam beberapa gelombang individu dengan bentuk yang identik. Parameter yang penting untuk mendeskripsikan gelombang reguler adalah seperti tampak pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3 Bentuk umum gelombang reguler

Dalam bukunya, Dawson (1983),menuliskan bahwa teori gelombang linier merupakan teori gelombang yang relatif sederhana dengan mengasumsikan bentuk gelombang sinusoidal dimana tinggi gelombang H adalah kecil dibanding dengan panjang gelombang L, dan kedalaman d. Teori gelombang ini paling banyak dipakai dalam bidang kelautan Teori gelombang linier diturunkan dari persamaan kontinuitas untuk aliran irrotasional (Persamaan Laplace) yaitu :

$$\frac{\delta^2 \varphi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 \varphi}{\delta y^2} = 0 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan :

$$u = \frac{\delta \varphi}{\delta x} \text{ dan } v = \frac{\delta \varphi}{\delta y} \dots\dots\dots(2.22)$$

u = kecepatan arah horizontal

v = kecepatan arah vertikal

Kondisi batas didasar laut dari persamaan tersebut adalah kecepatan vertikal nol.

$$v = \frac{\delta \varphi}{\delta y} = 0 \text{ di } y = -d \dots\dots\dots(2.23)$$

Kondisi batas pada permukaan diperoleh dari persamaan bernoulli untuk aliran tak mantap.

$$\frac{\delta \varphi}{\delta t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{P}{\rho} = 0 \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan g adalah percepatan gravitasi, adalah tekanan dan ρ adalah rapat massa zat cair. Apabila persamaan tersebut dilinierkan, yaitu dengan mengabaikan u^2 dan v^2 ,dan pada permukaan $y = \eta$, serta mengambil tekanan dipermukaan adalah nol (tekanan atmosfer), maka persamaan bernouilly menjadi :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\delta \varphi}{\delta t} \Big|_{y=\eta} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan anggapan bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman, maka kondisi batas di $y = 0$ adalah kira-kira sama dengan di $y = \eta$. Dengan anggapan tersebut maka kondisi batas pada permukaan adalah :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\delta \varphi}{\delta t} \Big|_{y=0} \dots\dots\dots(2.26)$$

Jadi persamaan yang diselesaikan adalah sebagai berikut ini.

1. Persamaan Laplace

$$\frac{\delta^2 \varphi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 \varphi}{\delta y^2} = 0 \dots\dots\dots(2.27)$$

Kondisi batas persamaan tersebut adalah :

$$v = \frac{\delta \varphi}{\delta y} = 0 \text{ di } y = -d \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\delta \varphi}{\delta t} \Big|_{y=0} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\text{Dengan } \varphi = \frac{ag}{\omega} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx + \omega t) \dots\dots\dots(2.30)$$

φ = potensial kecepatan

g = percepatan gravitasi

ω = frekuensi gelombang

k = angka gelombang

d = kedalaman laut

y = jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam

x = jarak horizontal

t = waktu

Dengan memasukan nilai φ kedalam persamaan untuk $y = 0$ akan didapat :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{ag}{\omega} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \omega t) \right] \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{ag}{\omega} (-\omega) \frac{\cosh kd}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\eta = a \cos(kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.33)$$

dimana $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

dan $H/1$ = tinggi gelombang rata-rata

k = angka gelombang

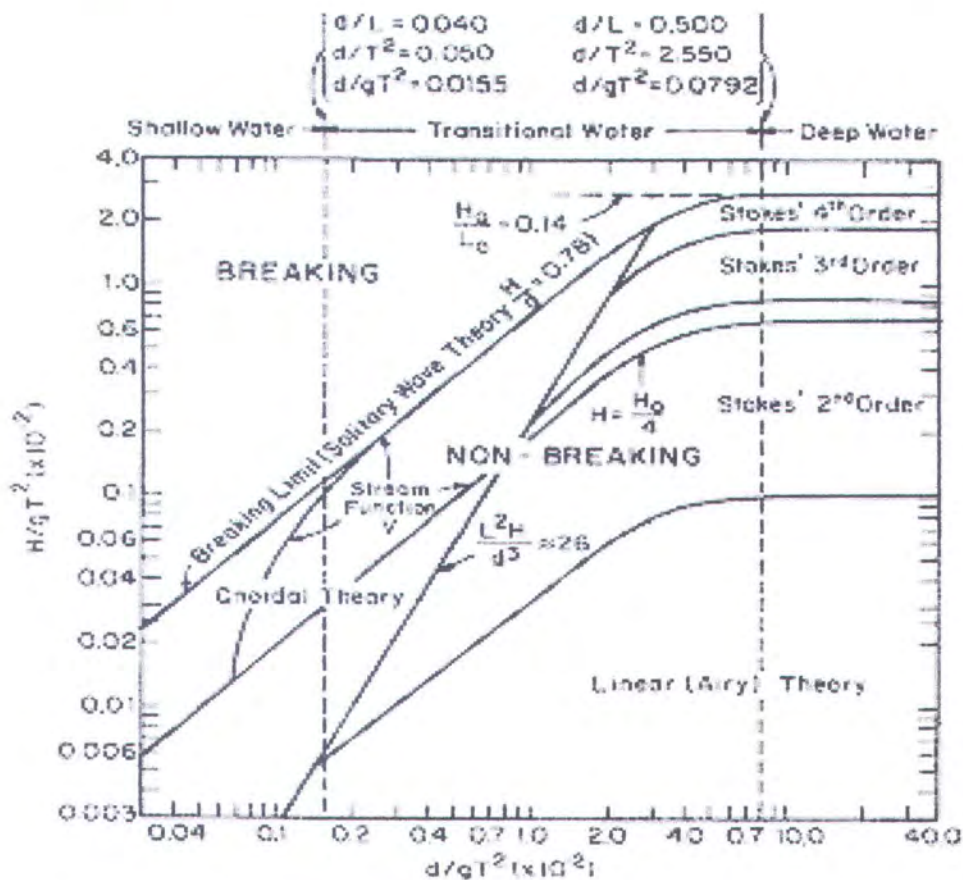
ω = frekuensi natural

λ = panjang gelombang

Dengan memasukkan persamaan kedalam persamaan maka akan didapat :

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.34)$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.35)$$

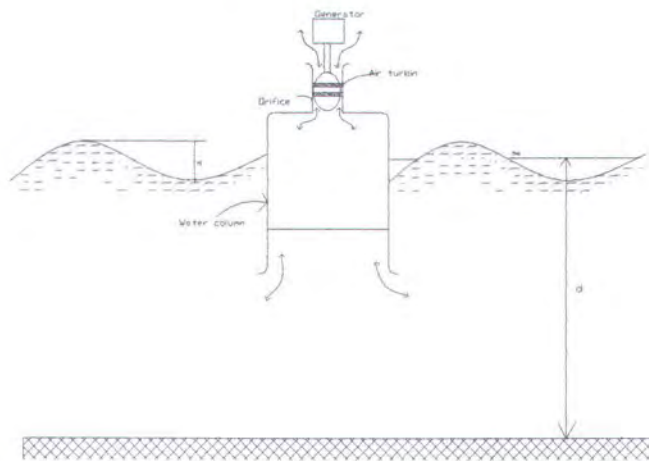


Gambar 2.4 Regions of validity dari bermacam-macam teori gelombang

2.7 Mekanisme Oscillating Water Column

Sistem konversi gelombang laut tipe owc, seperti yang telah diuraikan sebelumnya adalah sistem yang terdiri dari dua bagian utama yaitu ruang udara berupa kolom silinder yang terbuka dibagian bawah dan dengan bukaan bawah dan terbuka dibagian atas dengan

lubang kecil (*orifice*) pada bagian sumbunya yang diletakan pada posisi setengah tenggelam didalam air, dan komponen kedua adalah generator turbin udara. Dengan kedudukan setengah tenggelam tersebut, pada bagian atas kolom terdapat udara yang terjebak, yang terletak dibagian atas permukaan air rata-rata diluar kolom, kesemuanya ini direncanakan untuk membangkitkan energi listrik melalui turbin generator yang dapat berputar karena aliran udara (tekanan) disebabkan oleh gerakan gelombang didalam ruang udara. Gerakan naik turunnya air pada kolom diasumsikan sebagai piston hidrolis yang selanjutnya menekan udara yang berfungsi sebagai fluida kerja. Udara yang bertekanan menggerakkan turbin udara yang selanjutnya menggerakkan generator listrik. Gerakan udara didalam kolom tidaklah konstan, sehingga hal ini menyebabkan persamaan energi mempunyai bagian yang mewakili pergerakan fluida



Gambar 2.5 Sistem OWC dengan bukaan bawah (*bottom entrance*)

Untuk memperkirakan besarnya tekanan udara yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan umum energi bernouilly sebagai berikut

$$\text{Rumus } \frac{\delta\phi}{\delta t} + \frac{1}{2}V^2 + \frac{P}{\rho} = \text{kons tan} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana ϕ adalah potensial kecepatan, ρ adalah massa jenis air (kg/m^3), serta V merupakan kecepatan partikel air (m/dt) dan P adalah tekanan (bar). Pada gambar 2.5 diatas sebagai acuan , maka tekanan dalam hal ini dapat dibedakan menjadi dua komponen yaitu tekanan

yang terjadi sebagai akibat pergerakan fluida didalam kolom air (P1) dan tekanan yang terjadi atau keluar pada lubang orifice (P2), begitu juga untuk komponen ϕ dan V.

Sebelum membahas lebih lanjut tentang besarnya tekanan yang terjadi pada ruang turbin, sebaiknya kita tinjau dulu fenomena yang terjadi didalam kolom air. Dengan terjadinya osilasi didalam kolom air, maka periode (T_0) dapat diasumsikan sebagai :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{h_1 + h_2}{g}} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dengan h_1 adalah sarat air dari kolom air *cavity resonator* dan h_2 merupakan ketinggian efektif sebagai akibat eksitasi oleh air kolom sesaat dengan batasan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya, maka model yang digunakan dalam hal ini berada dalam kondisi tetap (*fixed*), sehingga elevasi permukaan terhadap posisi swl adalah

$$\eta_1 = \frac{H_1}{2} \cos(\omega t) \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana H_1 merupakan tinggi gelombang rata-rata didalam kolom dan ω adalah frekuensi osilasi gelombang. Untuk ketinggian gelombang rata-rata dalam hal ini diasumsikan sama dengan tinggi gelombang diluar kolom (H), untuk memperkirakan besarnya kecepatan air didalam kolom air (V) sebagai akibat pergerakan fluida yang fluktuatif, dapat diperoleh dari penurunan elevasi permukaan gelombang (η_1) terhadap waktu yaitu :

$$V_1 = \frac{\delta \eta}{\delta t}$$
$$V_1 = \frac{\omega H}{2} \sin(kx - \omega t) \dots\dots\dots(2.39)$$

Sedangkan kecepatan udara (V_2) yang terjadi pada ruang turbin dapat menggunakan persamaan kontinuitas yang dalam hal ini diasumsikan bahwa aliran yang terjadi adalah *incompressible* ($\rho = \text{konstan}$) yaitu persamaan sebagai berikut :

$$Q = V1.A1 = V2.A2 = \text{konstan} \dots\dots\dots(2.40)$$

sehingga

$$V2 = \frac{A1}{A2}.V1$$

$$V2 = -\frac{A1\omega H}{A2x2}\sin(\omega t) \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana A1 dan A2 berturut-turut adalah luas penampang kolom air dan luas penampang aliran pada turbin, mengingat perencanaan secara teknis dari turbin udara tidak dilakukan, maka untuk selanjutnya A2 dianggap sebagai luas penampang *orifice* (kolom udara bagian atas). Komponen penyusun dalam perumusan tekanan diatas selain komponen kecepatan adalah potensial kecepatan untuk memperkirakan besarnya harga potensial kecepatan (ϕ) dari perumusan tekanan tersebut diatas, Hiramoto McCormick,(1981) mencoba melakukan perumusan pendekatan yaitu :

$$\phi1 \approx V1\eta1$$

$$\phi1 = -\frac{\omega H^2}{4}\sin(\omega t)\cos(\omega t) \dots\dots\dots(2.42)$$

dan

$$\phi2 = \left(\frac{A1}{A2}\right)\phi1$$

$$\phi2 = -\left(\frac{A1}{A2}\right)\frac{\omega H^4}{4}\sin(\omega t)\cos(\omega t) \dots\dots\dots(2.43)$$

Selanjutnya tekanan udara didalam kolom (P1) sebagai elemen penyusun tekanan yang terjadi pada *orifice*, dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip momentum linier. Dalam hubungannya dalam penerapan prinsip momentum linier untuk perhitungan tekanan (P1), maka dilakukan beberapa penyederhanaan maupun perubahan sesuai dengan keperluan yang diinginkan yaitu dengan mengganti komponen gaya ada pada diatas dengan komponen tekanan seperti yang tampak dalam gambar 2.1 diatas dan selanjutnya akan diuraikan dalam beberapa perumusan berikut :

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) + \rho \frac{\delta}{\delta t} (\phi_1 - \phi_2) \dots \dots \dots (2.44)$$

Selanjutnya perbedaan tekanan dapat diperoleh dari persamaan linier momentum

$$\sum P = P_2 - P_0 = \rho \frac{\delta \phi_1}{\delta t} + \rho \frac{Q}{A_1} (V_2 - V_1) \dots \dots \dots (2.45)$$

atau

$$P_2 = P_0 + \rho \frac{\delta \phi_1}{\delta t} + \rho \frac{Q}{A_1} (V_2 - V_1) \dots \dots \dots (2.46)$$

Dimana P_0 merupakan tekanan udara luar (pascal atau bar) yang besarnya sama dengan nol, sedangkan Q adalah debit aliran (m^3/dt). P_2 adalah tekanan pada *orifice*

Perhitungan untuk cavity resonator tipe *lateral entrance*

1. Mencari tekanan pada titik Q

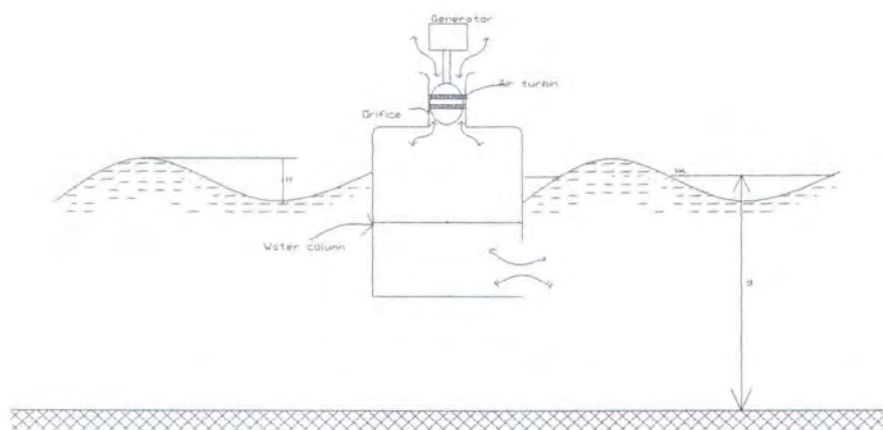
$$P_Q = -\rho g y - \rho \frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{a g \cosh k(d+y)}{\omega \cosh kd} \sin(kx - \omega t) \right] \dots \dots \dots (4.47)$$

$$P_Q = -\rho g y - \frac{\rho a g}{\omega} (-\omega) \left[\frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \right] \dots \dots \dots (4.48)$$

$$P_Q = -\rho g y + \frac{\rho H g}{2} \left[\frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \right] \dots \dots \dots (4.49)$$

2. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli dapat diperoleh tekanan pada titik O.

$$P_0 = P_Q + \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (H_2 - H_1) \dots \dots \dots (4.50)$$



Gambar 2.6 Sistem OWC dengan bukaan depan (bottom entrance)

2.8 Massa Tambah

Didalam perhitungan massa suatu struktur memerlukan data massa dari struktur dan distribusinya. Massa tambah merupakan hal yang harus diperhitungkan dalam mendesain struktur. Massa tambah merupakan massa fluida disekeliling benda yang mengalami percepatan akibat gerakan benda. Massa tambah untuk silinder jika aliran tegak lurus dengan silinder maka massa tambah

$$ma = \rho \nabla \dots\dots\dots(2.51)$$

Untuk silinder sejajar dengan aliran

$$ma = 0 \text{ (silinder bolong)}$$

$$ma = \frac{4}{3} \rho r^3 \text{ (silinder tertutup)} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana ma = massa tambah

ρ = massa jenis

∇ = Volume benda tercelup

r = jari-jari



BAB III
METODOLOGI

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah pengerjaan untuk mencapai tujuan dari perumusan masalah meliputi :

3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengenai masalah ini meliputi jurnal-jurnal tentang konversi energi, mekanika fluida, buku- buku teks yang berkaitan dengan masalah ini, laporan-laporan TA sebelumnya juga *browsing* di internet.

3.2 Menghitung Massa Tambah.

Untuk silinder tegak lurus maka massa tambah

$$m_a = \rho \bar{V}$$

Untuk silinder sejajar dengan aliran

$$m_a = 0 \text{ (silinder bolong / terbuka)}$$

$$m_a = \frac{4}{3} \rho r^3 \text{ (silinder tertutup)}$$

3.3 Menentukan Dimensi Sistem OWC.

Model terdiri dari dua bagian utama yaitu ruang udara berupa kolom silinder yang terbuka dibagian bawah dan pada bagian atas terdapat lubang kecil (*orifice*) pada bagian sumbunya dan diletakan pada posisi 7 m tenggelam didalam laut dengan kedalaman 40 m. Ada dua jenis OWC yang akan dijadikan model untuk perbandingan yaitu :

Owc dengan bukaan bawah dan dengan bukaan depan dengan dimensi

Model bukaan bawah

Dimensi :

Diameter orifice $d = 0.5 \text{ m}$

Diameter kolom air $D = 5 \text{ m}$

Tinggi orifice $L1 = 1 \text{ m}$

Tinggi kolom air $L2 = 8 \text{ m}$

Tebal baja $t = 5 \text{ cm}$

Model bukaan depan

Diameter orifice	$d = 0.5 \text{ m}$
Diameter kolom air	$D = 5 \text{ m}$
Tinggi orifice	$L1 = 1 \text{ m}$
Tinggi kolom air	$L2 = 8 \text{ m}$
Tebal baja	$t = 5 \text{ cm}$
Ukuran bukaan depan	$= 5 \text{ m}$

3.4 Menghitung Tekanan

Menghitung dengan menggunakan rumus-rumus yang ada, untuk masing-masing tipe.

Untuk H yang bervariasi dan T tetap

T = 5 dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 5.5 dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 6, dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 6.5, dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 7, dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 7.5, dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

T = 8, dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5

Untuk T yang bervariasi dan H tetap

H = 1 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 1.25 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 1.5 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 1.75 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 2 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 2.25 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

H = 2.5 dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8

Langkah-langkah mencari tekanan pada *orifice* untuk bukaan bawah (*Ocean Wave Energy Conversion*):

- Mencari frekuensi gelombang

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{dimana } T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}$$

- Pergerakan air dikolom

$$\eta = \frac{H_1}{2} \cos(\omega t)$$

- Kecepatan aliran udara sekitar kolom

$$V_1 = \frac{\delta \eta_1}{\delta t}$$

$$V_1 = \frac{\omega H}{2} \sin(\omega t)$$

- Kecepatan aliran udara pada orifice (persamaan kontinuitas)

$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} \times V_1$$

- Persamaan Bernoulli

$$P = (P_2 - P_0)Q$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \times (V_1^2 - V_2^2) + \rho \frac{\delta}{\delta t} (\delta \phi_1 - \delta \phi_2)$$

- Potensial Kecepatan (pendekatan)

$$\phi_1 = V_1 \times \eta_1$$

$$\phi_2 = V_2 \times \eta_2$$

$$\phi_1 = -\frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

$$\phi_2 = -\left(\frac{A_1}{A_2}\right) \frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

- Perbedaan tekanan pada orifice dari persamaan linier momentum

$$P_2 - P_0 = \rho \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \frac{\delta \phi_1}{\delta t} + \rho \frac{Q_2}{A_2} (V_2 - V_1)$$

$$P_2 = P_0 + \rho \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \frac{\delta \phi_1}{\delta t} + \rho \frac{Q_2}{A_2} (V_2 - V_1)$$

Langkah-langkah mencari tekanan pada orifice untuk bukaan depan (Mekanika Fluida) :

- Mencari tekanan pada titik Q

$$P_Q = -\rho g y - \rho \frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{a g \cosh k(d+y)}{\omega \cosh kd} \sin(kx - \omega t) \right]$$

$$P_Q = -\rho g y - \frac{\rho a g}{\omega} (-\omega) \left[\frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \right]$$

$$P_Q = -\rho g y + \frac{\rho H g}{2} \left[\frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \omega t) \right]$$

- Dengan menggunakan persamaan Bernoulli dapat diperoleh tekanan pada titik O.

$$P_Q + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g H_1 = P_s + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g H_2$$

- Mencari tekanan pada orifice (titik O)

$$P_o = P_s + \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) + \rho g (H_1 - H_2)$$

3.5 Membandingkan Tekanan

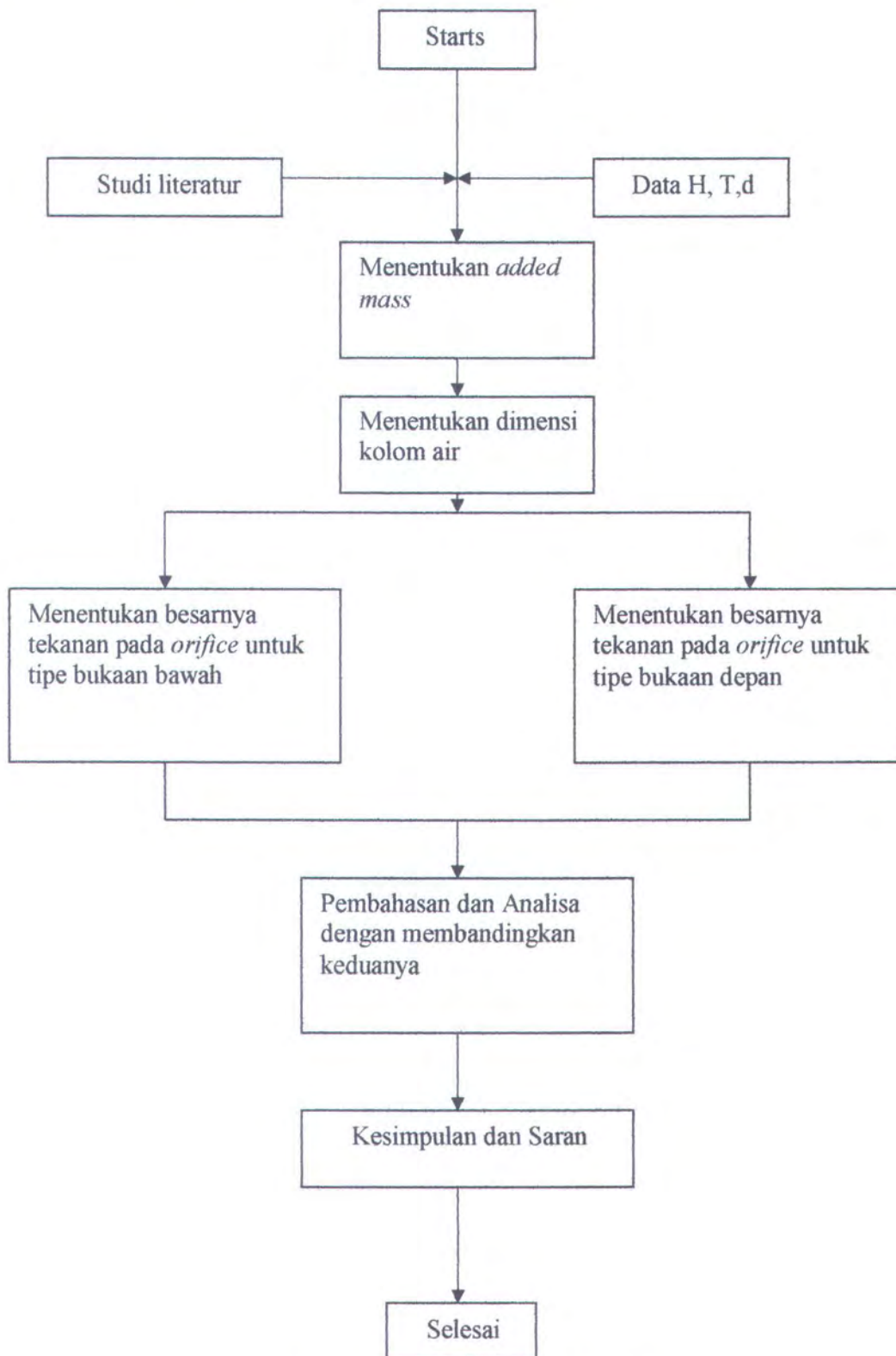
Setelah dilakukan perhitungan untuk kedua model tersebut maka langkah selanjutnya membandingkan besarnya tekanan yang dihasilkan oleh kedua model tersebut dengan T dan H yang sama

3.6. Membuat Laporan

3.7. Selesai



FLOWCHART



Gambar 3.1 Alur penyelesaian tugas akhir



BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Massa Tambah (Ma)

Untuk aliran tegak lurus dengan silinder pada bottom dan lateral entrance

Ma = 140.8094 ton

Untuk aliran sejajar dengan silinder

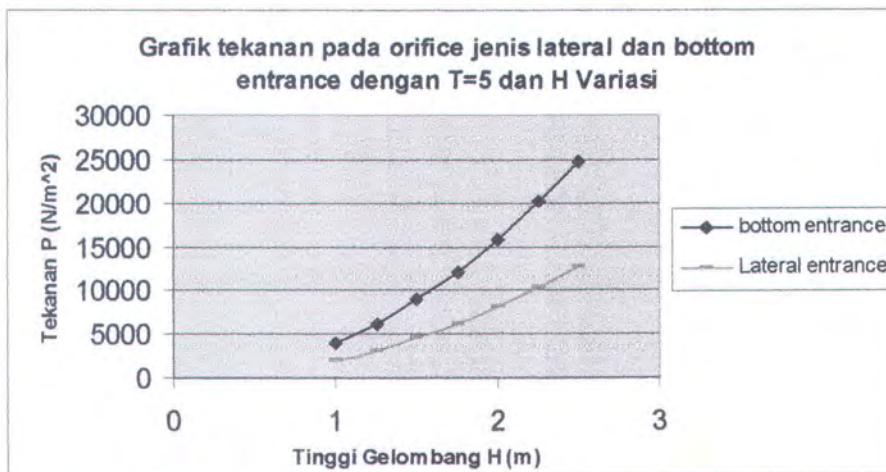
Untuk bukaan bawah maka Ma = 0

Untuk bukaan depan Ma = 21.35417 ton

4.2. Perbandingan Tekanan

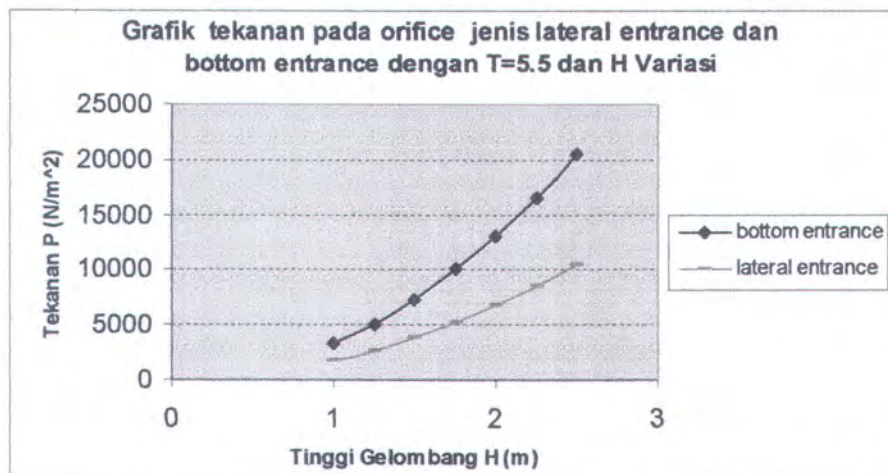
4.2.1 Untuk T Tetap dan H Variasi.

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa pada T= 5 detik dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5 ,tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H, untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara 3961.58 N/m²-24759.92 N/m²dan lateral entrance 2037.50 N/m²-12646.09 N/m² , sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.19 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



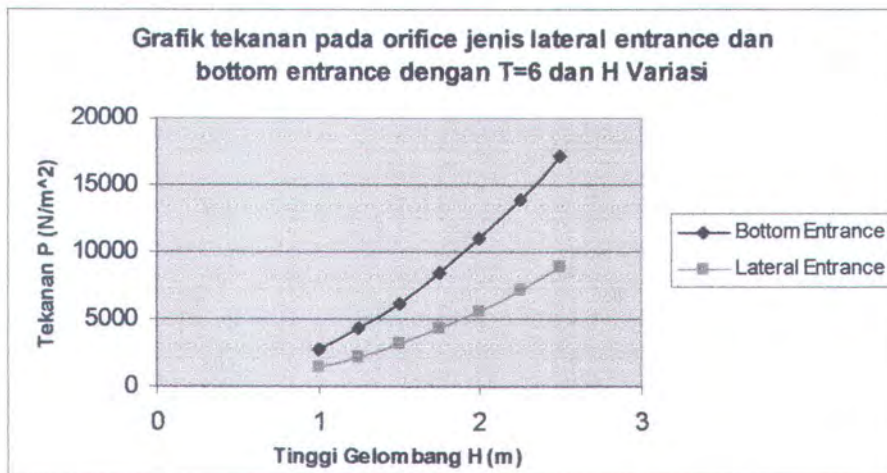
Gambar 4.1 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan T =5 detik dan H variasi

Pada $T = 5.5$ detik dan $H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5$, tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H , untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara $3274.04 \text{ N/m}^2 - 20462.74 \text{ N/m}^2$ dan lateral entrance $1687.25 \text{ N/m}^2 - 10455.80 \text{ N/m}^2$, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ovc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.24% lebih besar ketimbang ovc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



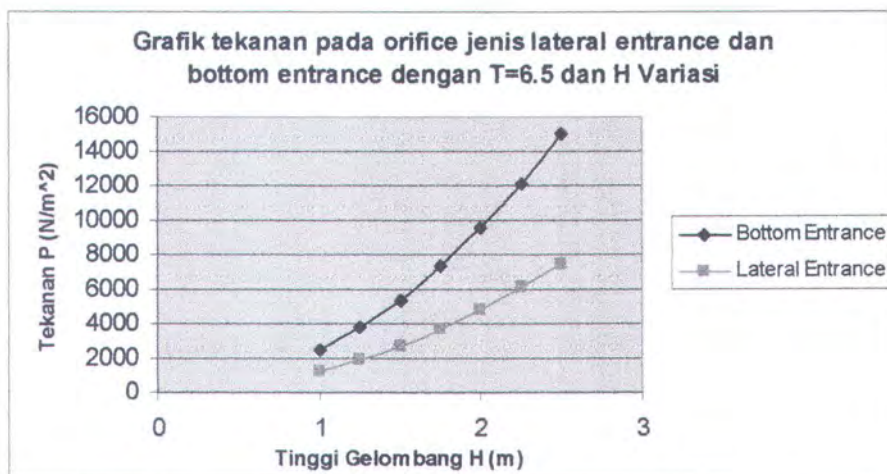
Gambar 4.2 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 5.5$ detik dan H variasi

Pada $T = 6$ detik dan $H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5$ tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H , untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara $2751.10 \text{ N/m}^2 - 17194.39 \text{ N/m}^2$ dan lateral entrance $1420.89 \text{ N/m}^2 - 8789.99 \text{ N/m}^2$, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ovc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.29% lebih besar ketimbang ovc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



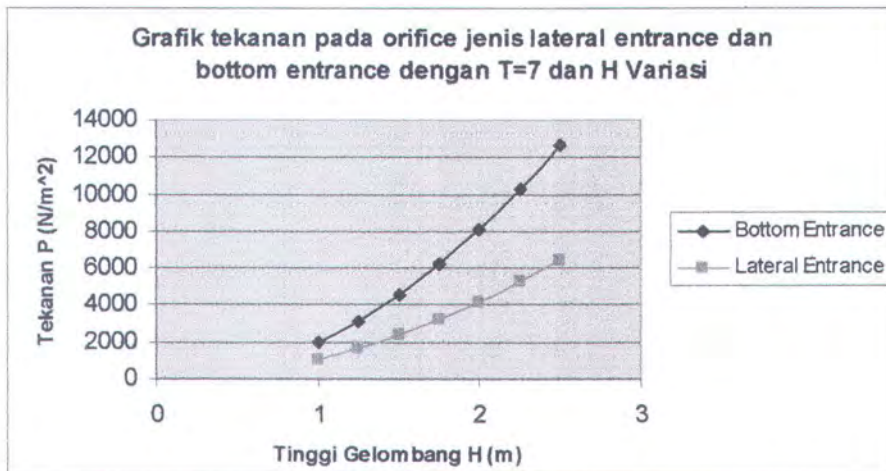
Gambar 4.3 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan T =6 detik dan H variasi

Pada T= 6.5 detik dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H, untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara 2391.97 N/m² – 14949.84 N/m² dan lateral entrance 1213.62 N/m² – 7493.64 N/m², sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 50.33 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



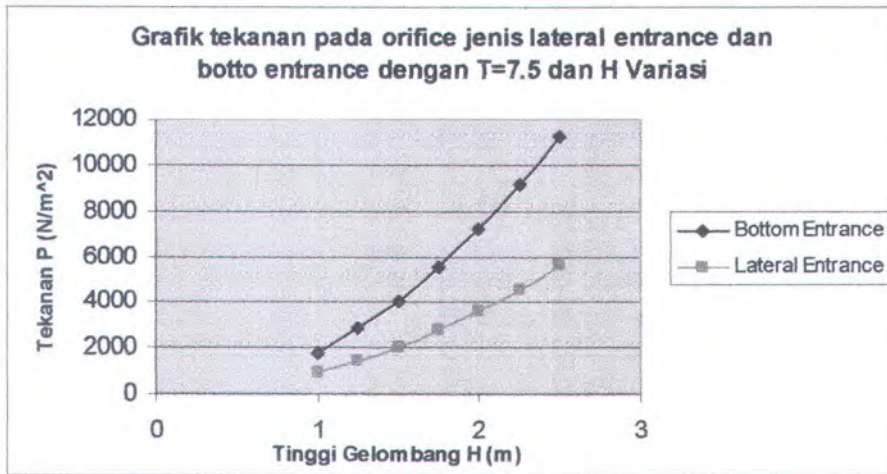
Gambar 4.4 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan T =6.5 detik dan H variasi

Pada $T = 7$ detik dan $H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5$ tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H , untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara $2021.22 \text{ N/m}^2 - 12632.61 \text{ N/m}^2$ dan lateral entrance $1049.16 \text{ N/m}^2 - 6465.06 \text{ N/m}^2$, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.41 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



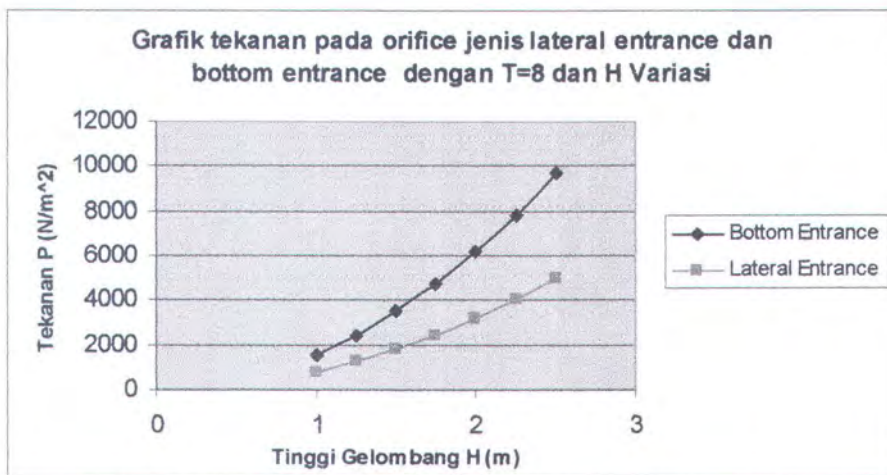
Gambar 4.5 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $T = 7$ detik dan H variasi

Pada $T = 7.5$ detik dan $H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5$ tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H , untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara $1800.13 \text{ N/m}^2 - 11250.80 \text{ N/m}^2$ dan lateral entrance $916.50 \text{ N/m}^2 - 5617.04 \text{ N/m}^2$, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 50.16 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.6 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan T =7.5 detik dan H variasi

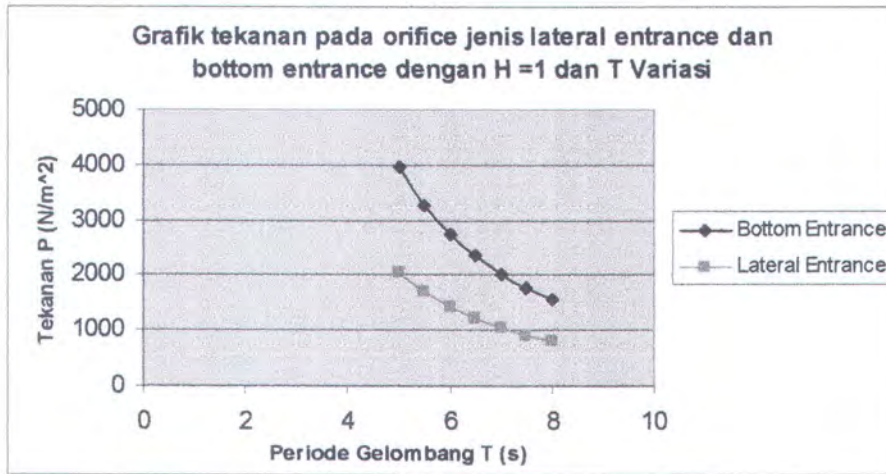
Pada T= 8 detik dan H = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5 tekanan pada orifice naik seiring dengan kenaikan H, untuk model bottom entrance tekanan berkisar antara 1547.49 N/m² – 9671.84 N/m² dan lateral entrance 807.93 N/m²– 4956.17 N/m², sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.56 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.7 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan T = 8 detik dan H variasi

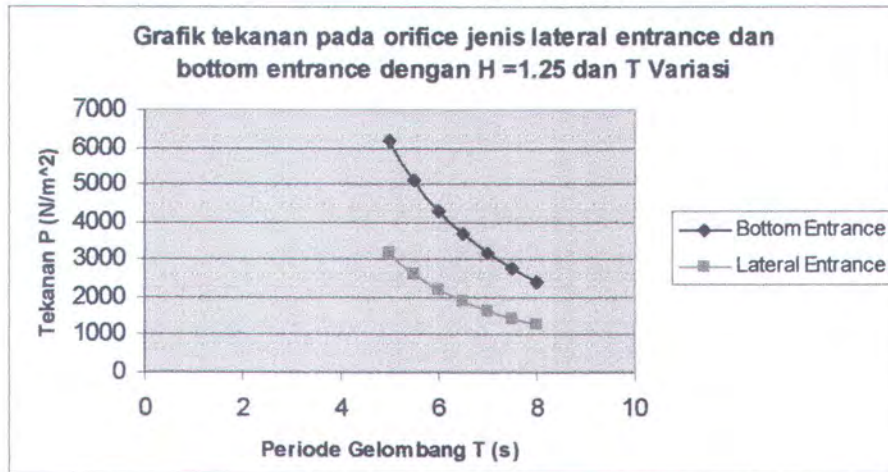
4. 2.2 Untuk H Tetap dan T Variasi

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa pada H= 1 meter dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8 detik, tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T, untuk model bottom entrance tekanan turun dari 3961.58 N/m² hingga 1547.49 N/m² dan lateral entrance 2037.50 N/m² hingga 807.93 N/m², sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.79 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



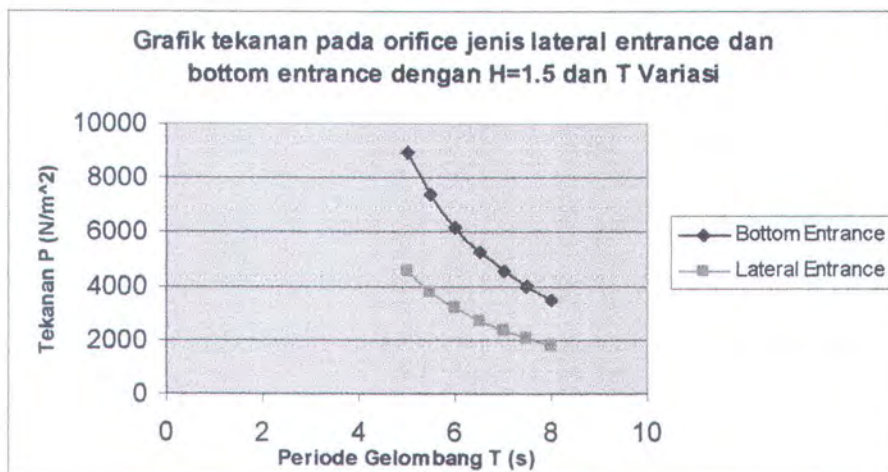
Gambar 4.8 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan H = 1 detik dan T variasi

Pada H= 1.25 meter dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8 detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T, untuk model bottom entrance tekanan turun dari 6189.98 N/m² hingga 2417.96 N/m² dan lateral entrance 3174.39 N/m² hingga 1252.73 N/m² , sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.52 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



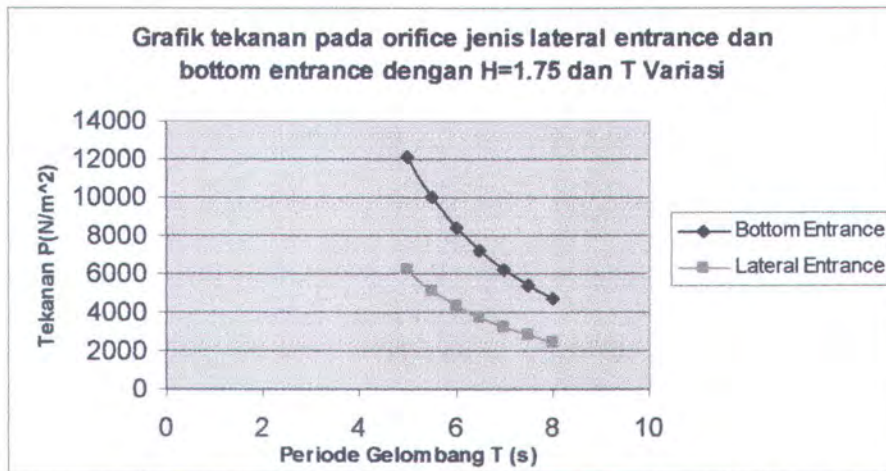
Gambar 4.9 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan H = 1.25 detik dan T variasi

Pada H= 1.5 meter dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8 detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T, untuk model bottom entrance tekanan turun dari 8913.57 N/m² hingga 3481.86 N/m² dan lateral entrance 4558.68 N/m² hingga 1791.12 N/m², sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ovc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.28 % lebih besar ketimbang ovc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



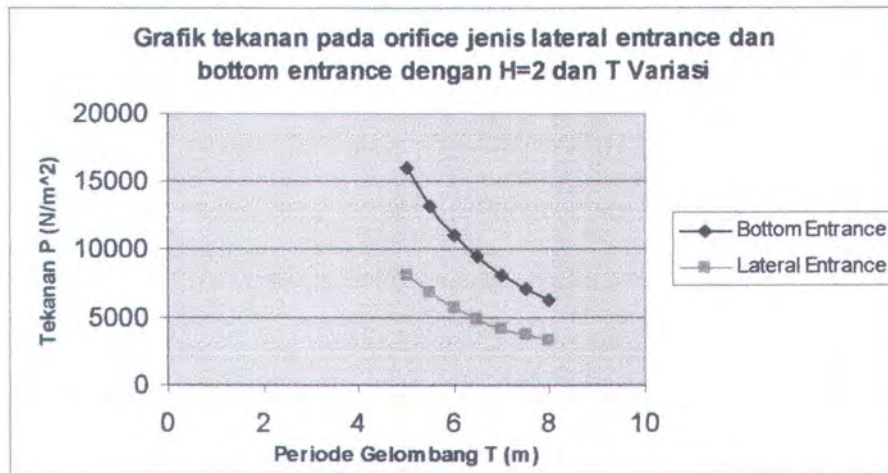
Gambar 4.10 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan H = 1.5 detik dan T variasi

Pada $H= 1.75$ meter dan $T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8$ detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T , untuk model bottom entrance tekanan turun dari 12132.36 N/m^2 hingga 4739.20 N/m^2 dan lateral entrance 6200.53 N/m^2 hingga 2433.18 N/m^2 , sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.21% lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



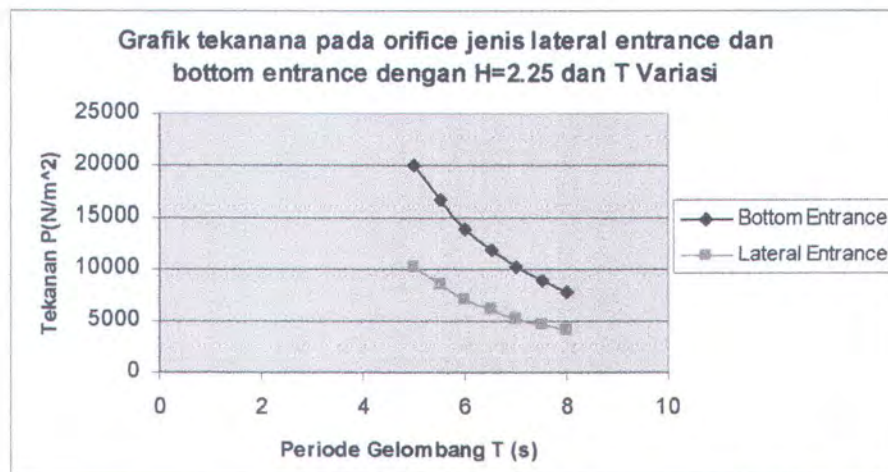
Gambar 4.11 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 1.75$ detik dan T variasi

Pada $H= 2$ meter dan $T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8$ detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T , untuk model bottom entrance turun dari 15846.35 N/m^2 hingga 6189.98 N/m^2 dan lateral entrance 8094.87 N/m^2 hingga 3173.87 N/m^2 , sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.17% lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



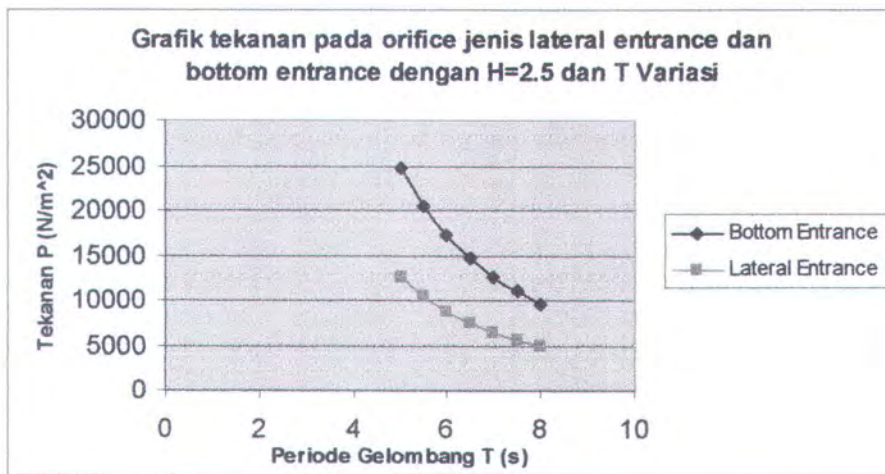
Gambar 4.12 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan H = 2 detik dan T variasi

Pada H= 2.25 meter dan T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8 detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T, untuk model bottom entrance tekanan turun dari 20055.53 N/m² hingga 7834.19 N/m² dan lateral entrance 10241.72 N/m² hingga 4013.19 N/m², sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa owc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.14 % lebih besar ketimbang owc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.13 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan H =2.25 detik dan T variasi

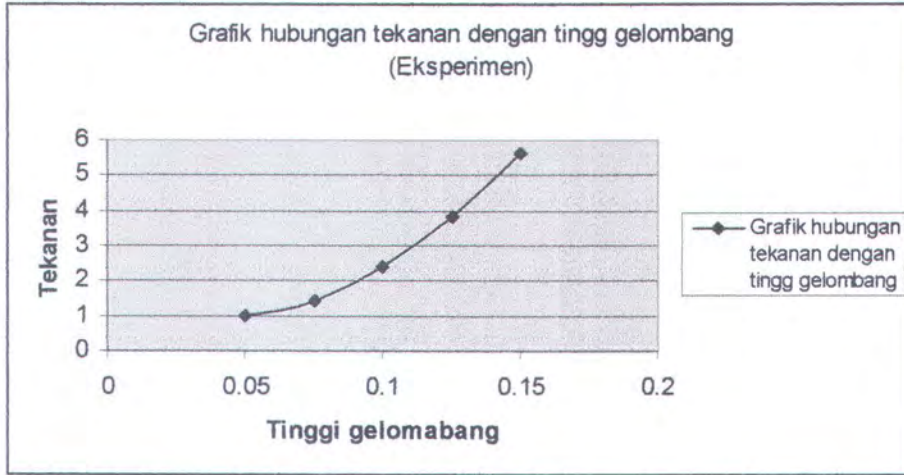
Pada $H= 2.5$ meter dan $T = 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8$ detik tekanan pada orifice turun seiring dengan kenaikan T , untuk model bottom entrance tekanan turun dari 24759.92 N/m^2 hingga 9671.84 N/m^2 dan lateral entrance 12641.06 N/m^2 hingga 4951.15 N/m^2 , sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ovc jenis bottom entrance menghasilkan tekanan lebih besar rata-rata 51.12% lebih besar ketimbang ovc jenis bukaan depan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini



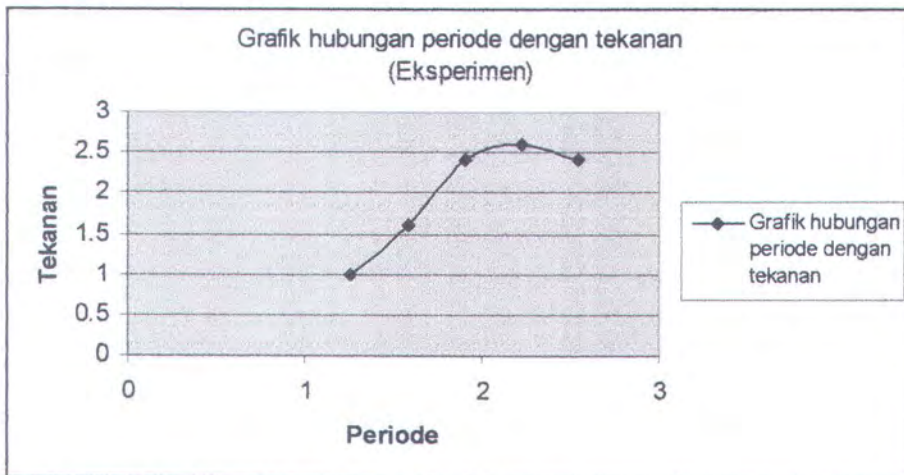
Gambar 4.14 Grafik perbandingan tekanan pada orifice jenis bottom dan lateral entrance dengan $H = 2.5$ detik dan T variasi

4.3 Validasi Hasil Perhitungan Dengan Percobaan Sebelumnya

Pada tugas akhir sebelumnya telah dilakukan eksperimen hubungan tekanan, panjang gelombang dan periode gelombang dan nampak pada grafik dibawah ini



Gambar 4.15 Grafik hubungan tekanan dengan tinggi gelombang (Eksperimen)



Gambar 4.16 Grafik hubungan tekanan dengan periode gelombang (Eksperimen)



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tekanan maksimal pada owc dengan bottom entrance sebesar 24759.92 N/m^2 terjadi pada kondisi tinggi gelombang (H) sebesar 2.5 meter dan periode gelombang (T) sebesar 5 detik, tekanan bertambah sekitar 19 % - 36 % seiring bertambahnya tinggi gelombang dan turun sekitar 12.10 % - 17.35 % seiring dengan bertambahnya periode gelombang
2. Tekanan maksimal pada owc dengan lateral entrance sebesar 12646.09 N/m^2 terjadi pada kondisi tinggi gelombang (H) sebesar 2.5 meter dan periode gelombang (T) sebesar 5 detik, tekanan bertambah sekitar 18.90 % - 35.70 % seiring bertambahnya tinggi gelombang dan turun sekitar 11.90 % - 17.31 % seiring dengan bertambahnya periode gelombang
3. Besarnya tekanan yang dihasilkan dari owc dengan bottom entrance lebih besar 49.92 % - 52.21 % dari owc dengan lateral entrance.

5.2 Saran

1. Pada perhitungan masing-masing model kami menggunakan formula yang berbeda, untuk owc dengan bottom entrance menggunakan formula-formula yang ada pada buku Ocean Wave Energy Conversion sedangkan untuk owc dengan lateral entrance menggunakan formula-formula pada Mekanika Fluida. Untuk itu perlu diadakan penelitian yang lebih lanjut.
2. Pada model bukaan depan hanya ada satu sisi yang terbuka, untuk penelitian lebih lanjut perlu diadakan penelitian pada dua sisi.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Constan J,(1979). **Marine Source of Energy**. Pergaman, New York
- Mc Cormick,M.E (1981). **Ocean Wave Energy Conversion**. John Wiley son, Inc New York
- Triatmojo B, (1999), **Teknik Pantai**. Beta offset, Yogyakarta
- Dawson T, (1983), **Offshore Structural Engineering**.Prentice Hall, Inc., New Jersey
- Krock, H.J., (1980), *Ocean Energy Recovery*, **Proceedings of The Firt International Converence ICOER'89, American Society Of Civil Engineers,345 East 47th Street**, New York
- Sarpkaya and Isaacson, (1980), **Mechanics of Wave Force on Offshore Structure**. Van Norstrand Reinhold Company
- Indiyono, P, (2000), **Hidrodinamika**. SIC, Surabaya
- Reddy, D. V.dan Arockisamy, A (1991) **Offshore Structures volume I**.Krieger Publishing Company.,Florida.



LAMPIRAN

Lampiran A

LAMPIRAN A PERBANDINGAN TEKANAN PADA ORIFICE

Untuk T Tetap dan H Variasi

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=5 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	5	3961.58728	2037.507553
1.25	5	6189.980125	3174.359458
1.5	5	8913.57138	4563.709656
1.75	5	12132.36105	6205.558149
2	5	15846.34912	8099.904935
2.25	5	20055.53561	10246.75002
2.5	5	24759.9205	12646.09339

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=5.5 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	5.5	3274.039074	1687.257762
1.25	5.5	5115.686054	2626.992174
1.5	5.5	7366.587917	3775.402862
1.75	5.5	10026.74467	5132.489826
2	5.5	13096.1563	6698.253065
2.25	5.5	16574.82281	8472.692581
2.5	5.5	20462.74421	10455.80837

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=6 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	6	2751.102278	1420.893175
1.25	6	4298.597309	2210.710844
1.5	6	6189.980125	3175.87455
1.75	6	8425.250726	4316.384294
2	6	11004.40911	5632.240075
2.25	6	13927.45528	7123.441893
2.5	6	17194.38924	8789.98975

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=6.5 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	6.5	2391.973964	1213.618315
1.25	6.5	3737.45932	1886.770362
1.5	6.5	5381.94142	2709.329683
1.75	6.5	7325.420266	3681.296278
2	6.5	9567.895858	4802.670148
2.25	6.5	12109.3682	6073.451293
2.5	6.5	14949.83728	7493.639712

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=7 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	7	2021.218	1049.165384
1.25	7	3158.153125	1629.750162
1.5	7	4547.7405	2339.1606
1.75	7	6189.980125	3177.396698
2	7	8084.872	4144.458456
2.25	7	10232.41613	5240.345875
2.5	7	12632.6125	6465.058954

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk T=7.5 dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance(N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1	7.5	1800.128507	916.5025064
1.25	7.5	2812.700792	1413.291275
1.5	7.5	4050.28914	2029.597347
1.75	7.5	5512.893552	2758.124883
2	7.5	7200.514027	3598.873883
2.25	7.5	9113.150565	4551.844347
2.5	7.5	11250.80317	5617.036275

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk $T=8$ dan H variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m^2)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m^2)
1	8	1547.495031	807.9343132
1.25	8	2417.960986	1252.727538
1.5	8	3481.86382	1796.152909
1.75	8	4739.203533	2438.210426
2	8	6189.980125	3178.900089
2.25	8	7834.193596	4018.221898
2.5	8	9671.843945	4956.175853

Keterangan :

H = Tinggi Gelombang

T = Periode Gelombang

Untuk H Tetap dan T Variasi

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance dan lateral entrance
untuk $H=1$ dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m^2)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m^2)
1	5	3961.58728	2037.507553
1	5.5	3274.039074	1687.257762
1	6	2751.102278	1420.893175
1	6.5	2344.134485	1213.618315
1	7	2021.218	1049.165384
1	7.5	1760.705458	916.5025064
1	8	1547.495031	807.9343132

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk H=1.25 dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1.25	5	6189.980125	3174.359458
1.25	5.5	5115.686054	2626.992174
1.25	6	4298.597309	2210.710844
1.25	6.5	3662.710133	1886.770362
1.25	7	3158.153125	1629.750162
1.25	7.5	2751.102278	1422.411074
1.25	8	2417.960986	1252.727538

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk H=1.5 dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
1.5	5	8913.57138	4558.682031
1.5	5.5	7366.587917	3770.375237
1.5	6	6189.980125	3170.846925
1.5	6.5	5274.302592	2704.302058
1.5	7	4547.7405	2334.132975
1.5	7.5	3961.58728	2035.513481
1.5	8	3481.86382	1791.125284

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk $H=1.75$ dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m^2)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m^2)
1.75	5	12132.36105	6200.530524
1.75	5.5	10026.74467	5127.462201
1.75	6	8425.250726	4311.356669
1.75	6.5	7178.911861	3676.268653
1.75	7	6189.980125	3172.369073
1.75	7.5	5392.160464	2765.864977
1.75	8	4739.203533	2433.182801

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk $H=2$ dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m^2)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m^2)
2	5	15846.34912	8094.87731
2	5.5	13096.1563	6693.22544
2	6	11004.40911	5627.21245
2	6.5	9376.537941	4797.642523
2	7	8084.872	4139.430831
2	7.5	7042.821831	3608.437937
2	8	6189.980125	3173.872464

Lampiran A

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk H=2.25 dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
2.25	5	20055.53561	10241.72239
2.25	5.5	16574.82281	8467.664956
2.25	6	13927.45528	7118.414268
2.25	6.5	11867.18083	6068.423668
2.25	7	10232.41613	5235.31825
2.25	7.5	8913.57138	4563.23236
2.25	8	7834.193596	4013.194273

Tabel Perbandingan tekanan pada bottom entrance
dan lateral entrance untuk H =2.5 dan T variasi

H	T	Tekanan pada Bottom entrance (N/m ²)	Tekanan pada Lateral entrance (N/m ²)
2.5	5	24759.9205	12641.06576
2.5	5.5	20462.74421	10450.78075
2.5	6	17194.38924	8784.962125
2.5	6.5	14650.84053	7488.612087
2.5	7	12632.6125	6460.031329
2.5	7.5	11004.40911	5630.248248
2.5	8	9671.843945	4951.148228

Keterangan :

H = Tinggi Gelombang

T = Periode Gelombang

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN TEKANAN PADA JENIS BOTTOM ENTRANCE

Untuk T Tetap dan H Variasi

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	5	1.256	0.5	-0.628	-62.8	-0.314	-0.39438	-31.4	-12.3245	3961.587
1.25	5	1.256	0.63	-0.785	-78.5	-0.49063	-0.61623	-49.0625	-15.40563	6189.98
1.5	5	1.256	0.75	-0.942	-94.2	-0.7065	-0.88736	-70.65	-18.48675	8913.571
1.75	5	1.256	0.88	-1.099	-109.9	-0.96163	-1.2078	-96.1625	-21.56788	12132.36
2	5	1.256	1	-1.256	-125.6	-1.256	-1.57754	-125.6	-24.649	15846.35
2.25	5	1.256	1.13	-1.413	-141.3	-1.58963	-1.99657	-158.9625	-27.73013	20055.54
2.5	5	1.256	1.25	-1.57	-157	-1.9625	-2.4649	-196.25	-30.81125	24759.92

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	5.5	1.1418	0.5	-0.5709	-57.091	-0.28545	-0.32594	-28.54545	-11.20409	3274.039
1.25	5.5	1.1418	0.63	-0.7136	-71.364	-0.44602	-0.50928	-44.60227	-14.00511	5115.686
1.5	5.5	1.1418	0.75	-0.8564	-85.636	-0.64227	-0.73336	-64.22727	-16.80614	7366.588
1.75	5.5	1.1418	0.88	-0.9991	-99.909	-0.8742	-0.99818	-87.42045	-19.60716	10026.74
2	5.5	1.1418	1	-1.1418	-114.18	-1.14182	-1.30375	-114.1818	-22.40818	13096.16
2.25	5.5	1.1418	1.13	-1.2845	-128.45	-1.44511	-1.65006	-144.5114	-25.2092	16574.82
2.5	5.5	1.1418	1.25	-1.4273	-142.73	-1.78409	-2.03711	-178.4091	-28.01023	20462.74

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	6	1.0467	0.5	-0.5233	-52.333	-0.26167	-0.27388	-26.16667	-10.27042	2751.102
1.25	6	1.0467	0.63	-0.6542	-65.417	-0.40885	-0.42793	-40.88542	-12.83802	4298.597
1.5	6	1.0467	0.75	-0.785	-78.5	-0.58875	-0.61623	-58.875	-15.40563	6189.98
1.75	6	1.0467	0.88	-0.9158	-91.583	-0.80135	-0.83875	-80.13542	-17.97323	8425.251
2	6	1.0467	1	-1.0467	-104.67	-1.04667	-1.09551	-104.6667	-20.54083	11004.41
2.5	6	1.0467	1.13	-1.1775	-117.75	-1.32469	-1.38651	-132.4688	-23.10844	13927.46
2.5	6	1.0467	1.25	-1.3083	-130.83	-1.63542	-1.71174	-163.5417	-25.67604	17194.39

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	6.5	0.9662	0.5	-0.4831	-48.308	-0.24154	0.23336	-24.15385	-9.480385	2391.974
1.25	6.5	0.9662	0.63	-0.6038	-60.385	-0.3774	0.36463	-37.74038	-11.85048	3737.459
1.5	6.5	0.9662	0.75	-0.7246	-72.462	-0.54346	0.52507	-54.34615	-14.22058	5381.941
1.75	6.5	0.9662	0.88	-0.8454	-84.538	-0.73971	0.71468	-73.97115	-16.59067	7325.42
2	6.5	0.9662	1	-0.9662	-96.615	-0.96615	0.93345	-96.61538	-18.96077	9567.896
2.25	6.5	0.9662	1.13	-1.0869	-108.69	-1.22279	1.1814	-122.2788	-21.33087	12109.37
2.5	6.5	0.9662	1.25	-1.2077	-120.77	-1.50962	1.45852	-150.9615	-23.70096	14949.84

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	7	0.8971	0.5	-0.4486	-44.857	-0.22429	-0.20122	-22.42857	-8.803214	2021.218
1.25	7	0.8971	0.63	-0.5607	-56.071	-0.35045	-0.3144	-35.04464	-11.00402	3158.153
1.5	7	0.8971	0.75	-0.6729	-67.286	-0.50464	-0.45274	-50.46429	-13.20482	4547.741
1.75	7	0.8971	0.88	-0.785	-78.5	-0.68688	-0.61623	-68.6875	-15.40563	6189.98
2	7	0.8971	1	-0.8971	-89.714	-0.89714	-0.80487	-89.71429	-17.60643	8084.872
2.25	7	0.8971	1.13	-1.0093	-100.93	-1.13545	-1.01866	-113.5446	-19.80723	10232.42
2.5	7	0.8971	1.25	-1.1214	-112.14	-1.40179	-1.2576	-140.1786	-22.00804	12632.61

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1	7.5	0.8373	0.5	-0.4187	-41.867	-0.20933	0.20933	-20.93333	-8.216333	1800.129
1.25	7.5	0.8373	0.63	-0.5233	-52.333	-0.32708	0.32708	-32.70833	-10.27042	2812.701
1.5	7.5	0.8373	0.75	-0.628	-62.8	-0.471	0.471	-47.1	-12.3245	4050.289
1.75	7.5	0.8373	0.88	-0.7327	-73.267	-0.64108	0.64108	-64.10833	-14.37858	5512.894
2	7.5	0.8373	1	-0.8373	-83.733	-0.83733	0.83733	-83.73333	-16.43267	7200.514
2.25	7.5	0.8373	1.13	-0.942	-94.2	-1.05975	1.05975	-105.975	-18.48675	9113.151
2.5	7.5	0.8373	1.25	-1.0467	-104.67	-1.30833	1.30833	-130.8333	-20.54083	11250.8

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	Porifice
1	8	0.785	0.5	-0.3925	-39.25	-0.19625	-0.15406	-19.625	-7.702813	1547.495
1.25	8	0.785	0.63	-0.4906	-49.063	-0.30664	-0.24071	-30.66406	-9.628516	2417.961
1.5	8	0.785	0.75	-0.5888	-58.875	-0.44156	-0.34663	-44.15625	-11.55422	3481.864
1.75	8	0.785	0.88	-0.6869	-68.688	-0.60102	-0.4718	-60.10156	-13.47992	4739.204
2	8	0.785	1	-0.785	-78.5	-0.785	-0.61623	-78.5	-15.40563	6189.98
2.25	8	0.785	1.13	-0.8831	-88.313	-0.99352	-0.77991	-99.35156	-17.33133	7834.194
2.5	8	0.785	1.25	-0.9813	-98.125	-1.22656	-0.96285	-122.6563	-19.25703	9671.844

Untuk H Tetap dan T Variasi

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P2
1	5	1.256	0.5	-0.628	-62.8	-0.314	-0.39438	-31.4	-12.3245	3961.59
1	5.5	1.141818	0.5	-0.5709	-57.0909	-0.2855	-0.32594	-28.5455	-11.2041	3274.04
1	6	1.046667	0.5	-0.5233	-52.3333	-0.2617	-0.27388	-26.1667	-10.2704	2751.1
1	6.5	0.966154	0.5	-0.4831	-48.3077	-0.2415	-0.23336	-24.1538	-9.48038	2344.13
1	7	0.897143	0.5	-0.4486	-44.8571	-0.2243	-0.20122	-22.4286	-8.80321	2021.22
1	7.5	0.837333	0.5	-0.4187	-41.8667	-0.2093	-0.17528	-20.9333	-8.21633	1760.71
1	8	0.785	0.5	-0.3925	-39.25	-0.1963	-0.15406	-19.625	-7.70281	1547.5

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	Porifice
1.25	5	1.256	0.625	-0.785	-78.5	-0.4906	-0.61623	-49.0625	-15.4056	6189.98
1.25	5.5	1.141818	0.625	-0.7136	-71.3636	-0.446	-0.50928	-44.6023	-14.0051	5115.69
1.25	6	1.046667	0.625	-0.6542	-65.4167	-0.4089	-0.42793	-40.8854	-12.838	4298.6
1.25	6.5	0.966154	0.625	-0.6038	-60.3846	-0.3774	-0.36463	-37.7404	-11.8505	3662.71
1.25	7	0.897143	0.625	-0.5607	-56.0714	-0.3504	-0.3144	-35.0446	-11.004	3158.15
1.25	7.5	0.837333	0.625	-0.5233	-52.3333	-0.3271	-0.27388	-32.7083	-10.2704	2751.1
1.25	8	0.785	0.625	-0.4906	-49.0625	-0.3066	-0.24071	-30.6641	-9.62852	2417.96

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1.5	5	1.256	0.75	-0.942	-94.2	-0.7065	-0.88736	-70.65	-18.4868	8913.57
1.5	5.5	1.141818	0.75	-0.8564	-85.6364	-0.6423	-0.73336	-64.2273	-16.8061	7366.59
1.5	6	1.046667	0.75	-0.785	-78.5	-0.5888	-0.61623	-58.875	-15.4056	6189.98
1.5	6.5	0.966154	0.75	-0.7246	-72.4615	-0.5435	-0.52507	-54.3462	-14.2206	5274.3
1.5	7	0.897143	0.75	-0.6729	-67.2857	-0.5046	-0.45274	-50.4643	-13.2048	4547.74
1.5	7.5	0.837333	0.75	-0.628	-62.8	-0.471	-0.39438	-47.1	-12.3245	3961.59
1.5	8	0.785	0.75	-0.5888	-58.875	-0.4416	-0.34663	-44.1563	-11.5542	3481.86

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
1.75	5	1.256	0.875	-1.099	-109.9	-0.9616	-1.2078	-96.1625	-21.5679	12132.4
1.75	5.5	1.141818	0.875	-0.9991	-99.9091	-0.8742	-0.99818	-87.4205	-19.6072	10026.7
1.75	6	1.046667	0.875	-0.9158	-91.5833	-0.8014	-0.83875	-80.1354	-17.9732	8425.25
1.75	6.5	0.966154	0.875	-0.8454	-84.5385	-0.7397	-0.71468	-73.9712	-16.5907	7178.91
1.75	7	0.897143	0.875	-0.785	-78.5	-0.6869	-0.61623	-68.6875	-15.4056	6189.98
1.75	7.5	0.837333	0.875	-0.7327	-73.2667	-0.6411	-0.5368	-64.1083	-14.3786	5392.16
1.75	8	0.785	0.875	-0.6869	-68.6875	-0.601	-0.4718	-60.1016	-13.4799	4739.2

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
2	5	1.256	1	-1.256	-125.6	-1.256	-1.57754	-125.6	-24.649	15846.3
2	5.5	1.141818	1	-1.1418	-114.182	-1.1418	-1.30375	-114.182	-22.4082	13096.2
2	6	1.046667	1	-1.0467	-104.667	-1.0467	-1.09551	-104.667	-20.5408	11004.4
2	6.5	0.966154	1	-0.9662	-96.6154	-0.9662	-0.93345	-96.6154	-18.9608	9376.54
2	7	0.897143	1	-0.8971	-89.7143	-0.8971	-0.80487	-89.7143	-17.6064	8084.87
2	7.5	0.837333	1	-0.8373	-83.7333	-0.8373	-0.70113	-83.7333	-16.4327	7042.82
2	8	0.785	1	-0.785	-78.5	-0.785	-0.61623	-78.5	-15.4056	6189.98

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
2.25	5	1.256	1.125	-1.413	-141.3	-1.5896	-1.99657	-158.963	-27.7301	20055.5
2.25	5.5	1.141818	1.125	-1.2845	-128.455	-1.4451	-1.65006	-144.511	-25.2092	16574.8
2.25	6	1.046667	1.125	-1.1775	-117.75	-1.3247	-1.38651	-132.469	-23.1084	13927.5
2.25	6.5	0.966154	1.125	-1.0869	-108.692	-1.2228	-1.1814	-122.279	-21.3309	11867.2
2.25	7	0.897143	1.125	-1.0093	-100.929	-1.1354	-1.01866	-113.545	-19.8072	10232.4
2.25	7.5	0.837333	1.125	-0.942	-94.2	-1.0598	-0.88736	-105.975	-18.4868	8913.57
2.25	8	0.785	1.125	-0.8831	-88.3125	-0.9935	-0.77991	-99.3516	-17.3313	7834.19

H	T	ω	η_1	V1	V2	ϕ_1	ϕ_1/dt	ϕ_2	Q2	P orifice
2.5	5	1.256	1.25	-1.57	-157	-1.9625	-2.4649	-196.25	-30.8113	24759.9
2.5	5.5	1.141818	1.25	-1.4273	-142.727	-1.7841	-2.03711	-178.409	-28.0102	20462.7
2.5	6	1.046667	1.25	-1.3083	-130.833	-1.6354	-1.71174	-163.542	-25.676	17194.4
2.5	6.5	0.966154	1.25	-1.2077	-120.769	-1.5096	-1.45852	-150.962	-23.701	14650.8
2.5	7	0.897143	1.25	-1.1214	-112.143	-1.4018	-1.2576	-140.179	-22.008	12632.6
2.5	7.5	0.837333	1.25	-1.0467	-104.667	-1.3083	-1.09551	-130.833	-20.5408	11004.4
2.5	8	0.785	1.25	-0.9813	-98.125	-1.2266	-0.96285	-122.656	-19.257	9671.84

Keterangan

H= tinggi gelombang (m)

Q2= debit air

P= tekanan pada orifice (N/m^2)

V2= kecepatan pada orifice (m/dt)

T= periode gelombang (detik)

ω = frekuensi gelombang (rad/dt)

η = elevasi gelombang (m)

ϕ = velocity potensial (m/dt)

V1= kecepatan pada kolom air (m/dt)

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN TEKANAN PADA JENIS LATERAL ENTRANCE

Untuk T Tetap dan H Variasi

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	5	1.256	0.5	0.484985785	45.2	2.438	47.7	-0.628	-62.8	2037.5
1.25	5	1.256	0.63	0.484985785	45.2	3.048	48.3	-0.785	-78.5	3174.4
1.5	5	1.256	0.75	0.484985785	45.2	3.657	48.9	-0.942	-94.2	4563.7
1.75	5	1.256	0.88	0.484985785	45.2	4.267	49.5	-1.099	-110	6205.6
2	5	1.256	1	0.484985785	45.2	4.877	50.1	-1.256	-126	8099.9
2.25	5	1.256	1.13	0.484985785	45.2	5.486	50.7	-1.413	-141	10247
2.5	5	1.256	1.25	0.484985785	45.2	6.096	51.3	-1.57	-157	12646

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	5.5	1.142	0.5	0.54989766	45.2	2.765	48	-0.571	-57.1	1687.3
1.25	5.5	1.142	0.63	0.54989766	45.2	3.456	48.7	-0.714	-71.3	2627
1.5	5.5	1.142	0.75	0.54989766	45.2	4.147	49.4	-0.856	-85.6	3775.4
1.75	5.5	1.142	0.88	0.54989766	45.2	4.838	50.1	-0.999	-99.9	5132.5
2	5.5	1.142	1	0.54989766	45.2	5.529	50.8	-1.142	-114	6698.3
2.25	5.5	1.142	1.13	0.54989766	45.2	6.221	51.5	-1.285	-128	8472.7
2.5	5.5	1.142	1.25	0.54989766	45.2	6.912	52.2	-1.427	-143	10456

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	6	1.047	0.5	0.60505714	45.2	3.042	48.3	-0.523	-52.3	1420.9
1.25	6	1.047	0.63	0.60505714	45.2	3.803	49.1	-0.654	-65.4	2210.7
1.5	6	1.047	0.75	0.60505714	45.2	4.563	49.8	-0.785	-78.5	3175.9
1.75	6	1.047	0.88	0.60505714	45.2	5.324	50.6	-0.916	-91.6	4316.4
2	6	1.047	1	0.60505714	45.2	6.084	51.3	-1.047	-105	5632.2
2.25	6	1.047	1.13	0.60505714	45.2	6.845	52.1	-1.178	-118	7123.4
2.5	6	1.047	1.25	0.60505714	45.2	7.605	52.9	-1.308	-131	8790

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	6.5	0.966	0.5	0.651847347	45.2	3.277	48.5	-0.483	-48.3	1213.6
1.25	6.5	0.966	0.63	0.651847347	45.2	4.097	49.3	-0.604	-60.4	1886.8
1.5	6.5	0.966	0.75	0.651847347	45.2	4.916	50.2	-0.725	-72.4	2709.3
1.75	6.5	0.966	0.88	0.651847347	45.2	5.735	51	-0.845	-84.5	3681.3
2	6.5	0.966	1	0.651847347	45.2	6.554	51.8	-0.966	-96.6	4802.7
2.25	6.5	0.966	1.13	0.651847347	45.2	7.374	52.6	-1.087	-109	6073.5
2.5	6.5	0.966	1.25	0.651847347	45.2	8.193	53.4	-1.208	-121	7493.6

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	rgy	X	Pq	V1	V2	P orifice
1	7	0.897	0.5	0.69162434	45.2	3.477	48.7	-0.449	-44.8	1049.2
1.25	7	0.897	0.63	0.69162434	45.2	4.347	49.6	-0.561	-56.1	1629.8
1.5	7	0.897	0.75	0.69162434	45.2	5.216	50.5	-0.673	-67.3	2339.2
1.75	7	0.897	0.88	0.69162434	45.2	6.085	51.3	-0.785	-78.5	3177.4
2	7	0.897	1	0.69162434	45.2	6.954	52.2	-0.897	-89.7	4144.5
2.25	7	0.897	1.13	0.69162434	45.2	7.824	53.1	-1.009	-101	5240.3
2.5	7	0.897	1.25	0.69162434	45.2	8.693	53.9	-1.121	-112	6465.1

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	7.5	0.837	0.5	0.725575117	45.2	3.648	48.9	-0.419	-41.9	916.5
1.25	7.5	0.837	0.63	0.725575117	45.2	4.56	49.8	-0.523	-52.3	1413.3
1.5	7.5	0.837	0.75	0.725575117	45.2	5.472	50.7	-0.628	-62.8	2029.6
1.75	7.5	0.837	0.88	0.725575117	45.2	6.384	51.6	-0.733	-73.2	2758.1
2	7.5	0.837	1	0.725575117	45.2	7.296	52.5	-0.837	-83.7	3598.9
2.25	7.5	0.837	1.13	0.725575117	45.2	8.208	53.5	-0.942	-94.2	4551.8
2.5	7.5	0.837	1.25	0.725575117	45.2	9.12	54.4	-1.047	-105	5617



H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	8	0.785	0.5	0.754684279	45.2	3.794	49	-0.393	-39.2	807.93
1.25	8	0.785	0.63	0.754684279	45.2	4.743	50	-0.491	-49.1	1252.7
1.5	8	0.785	0.75	0.754684279	45.2	5.691	50.9	-0.589	-58.9	1796.2
1.75	8	0.785	0.88	0.754684279	45.2	6.64	51.9	-0.687	-68.7	2438.2
2	8	0.785	1	0.754684279	45.2	7.589	52.8	-0.785	-78.5	3178.9
2.25	8	0.785	1.13	0.754684279	45.2	8.537	53.8	-0.883	-88.3	4018.2
2.5	8	0.785	1.25	0.754684279	45.2	9.486	54.7	-0.981	-98.1	4956.2

Untuk H Tetap dan T Variasi

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1	5	1.256	0.5	0.484985785	45.2	2.438	47.7	-0.628	-62.8	2037.5
1	5.5	1.142	0.5	0.54989766	45.2	2.765	48	-0.571	-57.1	1687.3
1	6	1.047	0.5	0.60505714	45.2	3.042	48.3	-0.523	-52.3	1420.9
1	6.5	0.966	0.5	0.651847347	45.2	3.277	48.5	-0.483	-48.3	1213.6
1	7	0.897	0.5	0.69162434	45.2	3.477	48.7	-0.449	-44.8	1049.2
1	7.5	0.837	0.5	0.725575117	45.2	3.648	48.9	-0.419	-41.9	916.5
1	8	0.785	0.5	0.754684279	45.2	3.794	49	-0.393	-39.2	807.93

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1.25	5	1.256	0.63	0.484985785	45.2	3.048	48.3	-0.785	-78.5	3174.4
1.25	5.5	1.142	0.63	0.54989766	45.2	3.456	48.7	-0.714	-71.3	2627
1.25	6	1.047	0.63	0.60505714	45.2	3.803	49.1	-0.654	-65.4	2210.7
1.25	6.5	0.966	0.63	0.651847347	45.2	4.097	49.3	-0.604	-60.4	1886.8
1.25	7	0.897	0.63	0.69162434	45.2	4.347	49.6	-0.561	-56.1	1629.8
1.25	7.5	0.837	0.63	0.725575117	45.2	4.56	49.8	-0.523	-52.3	1422.4
1.25	8	0.785	0.63	0.754684279	45.2	4.743	50	-0.491	-49.1	1252.7

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y)*\cos(kx-\omega t)/\cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1.5	5	1.256	0.75	0.484985785	40.2	3.657	43.9	-0.942	-94.2	4558.7
1.5	5.5	1.142	0.75	0.54989766	40.2	4.147	44.4	-0.856	-85.6	3770.4
1.5	6	1.047	0.75	0.60505714	40.2	4.563	44.8	-0.785	-78.5	3170.8
1.5	6.5	0.966	0.75	0.651847347	40.2	4.916	45.1	-0.725	-72.4	2704.3
1.5	7	0.897	0.75	0.69162434	40.2	5.216	45.4	-0.673	-67.3	2334.1
1.5	7.5	0.837	0.75	0.725575117	40.2	5.472	45.7	-0.628	-62.8	2035.5
1.5	8	0.785	0.75	0.754684279	40.2	5.691	45.9	-0.589	-58.9	1791.1

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
1.75	5	1.256	0.88	0.484985785	40.2	4.267	44.5	-1.099	-110	6200.5
1.75	5.5	1.142	0.88	0.54989766	40.2	4.838	45.1	-0.999	-99.9	5127.5
1.75	6	1.047	0.88	0.60505714	40.2	5.324	45.5	-0.916	-91.6	4311.4
1.75	6.5	0.966	0.88	0.651847347	40.2	5.735	46	-0.845	-84.5	3676.3
1.75	7	0.897	0.88	0.69162434	40.2	6.085	46.3	-0.785	-78.5	3172.4
1.75	7.5	0.837	0.88	0.725575117	40.2	6.384	46.6	-0.733	-73.2	2765.9
1.75	8	0.785	0.88	0.754684279	40.2	6.64	46.9	-0.687	-68.7	2433.2

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
2	5	1.256	1	0.484985785	40.2	4.877	45.1	-1.256	-126	8094.9
2	5.5	1.142	1	0.54989766	40.2	5.529	45.8	-1.142	-114	6693.2
2	6	1.047	1	0.60505714	40.2	6.084	46.3	-1.047	-105	5627.2
2	6.5	0.966	1	0.651847347	40.2	6.554	46.8	-0.966	-96.6	4797.6
2	7	0.897	1	0.69162434	40.2	6.954	47.2	-0.897	-89.7	4139.4
2	7.5	0.837	1	0.725575117	40.2	7.296	47.5	-0.837	-83.7	3608.4
2	8	0.785	1	0.754684279	40.2	7.589	47.8	-0.785	-78.5	3173.9

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
2.25	5	1.256	1.13	0.484985785	40.2	5.486	45.7	-1.413	-141	10242
2.25	5.5	1.142	1.13	0.54989766	40.2	6.221	46.4	-1.285	-128	8467.7
2.25	6	1.047	1.13	0.60505714	40.2	6.845	47.1	-1.178	-118	7118.4
2.25	6.5	0.966	1.13	0.651847347	40.2	7.374	47.6	-1.087	-109	6068.4
2.25	7	0.897	1.13	0.69162434	40.2	7.824	48	-1.009	-101	5235.3
2.25	7.5	0.837	1.13	0.725575117	40.2	8.208	48.4	-0.942	-94.2	4563.2
2.25	8	0.785	1.13	0.754684279	40.2	8.537	48.8	-0.883	-88.3	4013.2

H	T	ω	η	$\cosh k(d-y) \cdot \cos(kx - \omega t) / \cosh(kd)$	Ph	Pd	Pq	V1	V2	P orifice
2.5	5	1.256	1.25	0.484985785	40.2	6.096	46.3	-1.57	-157	12641
2.5	5.5	1.142	1.25	0.54989766	40.2	6.912	47.1	-1.427	-143	10451
2.5	6	1.047	1.25	0.60505714	40.2	7.605	47.8	-1.308	-131	8785
2.5	6.5	0.966	1.25	0.651847347	40.2	8.193	48.4	-1.208	-121	7488.6
2.5	7	0.897	1.25	0.69162434	40.2	8.693	48.9	-1.121	-112	6460
2.5	7.5	0.837	1.25	0.725575117	40.2	9.12	49.3	-1.047	-105	5630.2
2.5	8	0.785	1.25	0.754684279	40.2	9.486	49.7	-0.981	-98.1	4951.1

H= tinggi gelombang (m)

P= tekanan pada orifice (N/m^2)

T= periode gelombang (detik)

ω = frekuensi gelombang (rad/dt)

η = elevasi gelombang (m)

k = angka gelombang

d= kedalaman laut (m)

y=jarak vertical yang ditinjau dari swl (m)

Ph= Tekanan hidrostatik (N/m^2)

Pd= tekanan dinamis (N/m^2)

Pq= tekanan pada titik Q (N/m^2)

V1= kecepatan pada kolom air (m/dt)

V= kecepatan pada orifice (m/dt)

P (orifice) = tekanan pada orifice