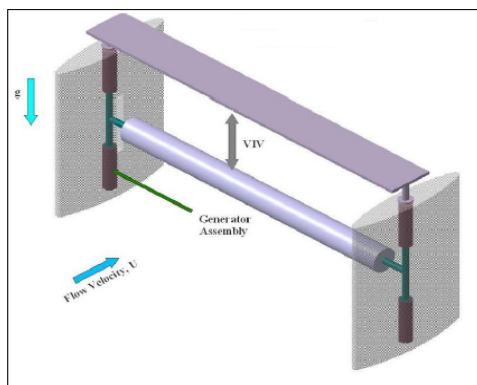


yang ditimbulkan. PLTV-AL adalah konsep baru dalam bidang *renewable energy*.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Vortex Arus Laut (PLTV-AL)

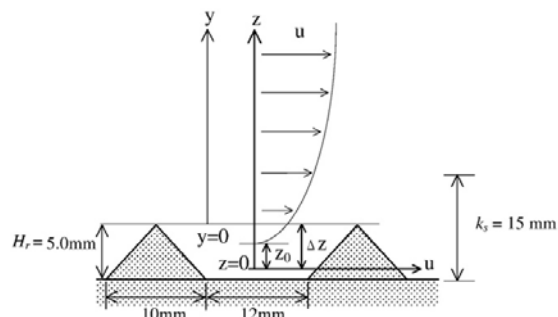
PLTV-AL adalah sebuah alat pengkonversi energi arus laut menjadi energi listrik yang mengekstraksi energi dari aliran *steady* memanfaatkan fenomena *vortex induced vibration* (Raghavan 2007). Menurut Raghavan (2007) PLTV-AL didesain berdasarkan gagasan yang sederhana yaitu memanfaatkan getaran yang merusak struktur dan memaksimalkan redaman yang didapat dari VIV. Sebelumnya tidak ada satupun alat pengkonversi energi arus laut yang dapat menghasilkan tenaga listrik siap pakai secara signifikan seperti konsep pada PLTV-AL ini.



Gambar 2. Model PLTV-AL dengan silinder osilasi tunggal (Raghavan 2007).

Cara kerja PLTV-AL yaitu dengan memanfaatkan VIV hingga menjadi energi listrik dijelaskan sebagai berikut. Dimulai dari terjadinya VIV pada silinder osilasi mengakibatkan timbulnya gaya angkat, sehingga silinder mulai bergerak tegak lurus terhadap arah datang arus. Gerakan osilasi tersebut terhubung dengan *bearing* yang berguna menjaga kehalusan gerakan silinder osilasi terhadap *gear belt*. Pemilihan *bearing* yang baik juga dapat memberi efek penambahan kecepatan osilasi silinder, sehingga frekuensi naik turun lebih cepat dan lebih banyak. *Gear belt* merupakan sarana transformasi dari gerakan translasi menjadi rotasi. Namun pada eksperimen ini Bernitsas *et.al* (2009) mengasumsikan dasar perairan adalah datar dan kedap. Sedangkan pada kenyataannya dasar

perairan tidaklah datar. Dalam tugas akhir ini peneliti mencoba melakukan pendekatan secara numerik, bagaimanakah pengaruh kekasaran dasar permukaan laut terhadap amplitudo yang dihasilkan SO. Berikut model kekasaran dasar perairan yang peneliti gunakan.



Gambar 1. Model kekasaran dasar perairan (Suntoyo *et.al* 2008)

$$K_s = 30Z_0$$

dengan:

K_s = Parameter kekasaran (m)

Z_0 = Tinggi kekasaran (tinggi kekasaran pada saat $V = 0$) (m)

2.3 Respon Dinamis

Menurut Craig (1981), pada dasarnya struktur yang bergetar akan mengalami 2 macam getaran. Yaitu, getaran alami dan getaran paksa, persamaannya ditunjukkan dalam persamaan 1 berikut.

$$u = u_c + u_p \quad (1)$$

dengan:

u = Respon total (m)

u_c = Respon alami (m)

u_p = Respon paksa (m)

Hukum newton yang digunakan untuk menurunkan persamaan gerak adalah hukum newton I dan II, dengan menggunakan persamaan 2 berikut.

$$\Sigma F_x = 0 \text{ dan } \Sigma F_x = m \ddot{u} \quad (2)$$

dengan:

ΣF_x = Resultan gaya (N)

m = Massa (kg)

\ddot{u} = Percepatan (m/s^2)

Dari persamaan diatas akan mendapatkan persamaan gerak umum.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = P(t) \quad (3)$$

Sistem yang ada dianggap memiliki massa dalam satu kesatuan terpusat serta gerakan yang digunakan adalah *one degree of freedom*. Untuk mencari total respon dinamis silinder digunakanlah persamaan *harmonic steady state respon*, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 4 berikut.

$$u = U \cos(\Omega t - \alpha) + e^{-\zeta\omega_n t} (A_1 \cos \omega_d t + A_2 \sin \omega_d t) \quad (4)$$

dengan:

- u = total respons (m)
- U = *steady state response* (m)
- Ω = frekuensi eksitasi (rad/s)
- t = waktu (s)
- α = sudut fase (rad)
- ω_d = frekuensi angular teredam (rad/s)
- A_1 = konstanta riil
- ω_n = frekuensi angular tak teredam (rad/s)
- A_2 = konstanta riil

2.4 Perhitungan Frekuensi

Untuk mencari frekuensi, digunakan persamaan *Fast Fourier Transform*. Setelah menyusun perintah pada *command window editor*, MATLAB 7.10. siap dirunning. Perintah yang digunakan adalah sebagai berikut:

```
F=xlsread('6x.xlsx','sheet1','A1:A120')
Y=fft(F)
Y(1)=[];
n=length(Y);
power = abs(Y(1:floor(n/2))).^2;
nyquist = 1/2;
freq = (1:n/2)/(n/2)*nyquist;
freq = freq'
plot(freq,power)
xlabel('f(Hz)')
title('R5-1')
xlswrite('6x.xlsx',freq,'sheet2')
xlswrite('6x.xlsx',power,'sheet3')
```

Setelah proses *running* selesai, akan didapatkan plot grafik antara frekuensi dan *power density*. Dari grafik tersebut dapat diketahui frekuensi pada

silinder osilasi. Dengan cara melihat besarnya frekuensi pada nilai *power density* tertinggi.

2.5 Energi Listrik

Beberapa pengujian prototipe pembangkit listrik tenaga *vortex* arus laut dalam VIVACE telah dilakukan untuk mengetahui kapasitas daya listrik yang dapat dikonversi dari energi kinetik fluida. Setelah mengalami pengembangan dan penyempurnaan model melalui eksperimen menggunakan objek yang sama, Bernitsas (2010) berhasil memperbaharui persamaan tenaga listrik (Raghavan 2007). Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi C_y U^2 f_{cyl} y_{max} D L \sin\Phi \quad (5)$$

dengan:

- ρ = Massa jenis air fluida (kg/m³)
- π = 3.14
- C_y = Koefisien gaya angkat
- U = Kecepatan fluida (m/s²)
- f_{cyl} = Frekuensi getaran silinder (Hz)
- y_{max} = Amplitudo maksimum (m)
- D = Diameter silinder (m)
- L = Panjang silinder (m)
- Φ = Beda fase antar gaya fluida yang mengenai silinder dan SO.

3. METODOLOGI

Penentuan parameter eksperimen Bernitsas (2009). Identifikasi variabel untuk keperluan *set up* model pada ANSYS 12.0 merupakan langkah selanjutnya. Variabel yang digunakan seperti ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi model PLTV-AL (Raghavan 2007).

| PLTV-AL Models Particulars | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Diameter | 0,127 m |
| Length | 0,9144 m |
| K spring of each spring | 518 N/m |
| Mass of the system | 16,8 kg |
| Mass ratio (m*) | 1,45 |
| Fn,water | 0,96 Hz |
| Velocity of current | 0,4 – 1,2 m/s |
| Reynolds number | 0,44–1,34 x 10 ⁵ |
| Generator resistance | 7 ohm |

Permodelan dilakukan dengan ANSYS 12.0 yang akan menghasilkan *output* berupa gaya angkat dan kecepatan eksitasi (kecepatan fluida pada saat akan menabrak struktur) yang akan diolah secara numerik menggunakan persamaan 4 hingga didapatkan nilai amplitudo.

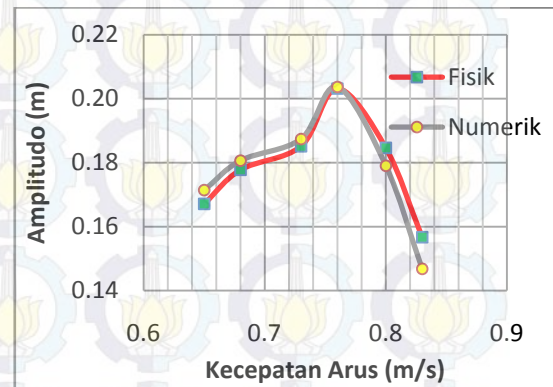
Tabel 2. Variasi permodelan yang akan dilakukan.

| Kecepatan Arus (m/s) | Jarak dari dasar perairan | Parameter Kekasaran (m) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| 0.6 | 1,42D | 0 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 2,42D | 0 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 3,42D | 0 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 1,42D | 0,02 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 2,42D | 0,02 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 3,42D | 0,02 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 1,42D | 0,45 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 2,42D | 0,45 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |
| 0.6 | 3,42D | 0,45 |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 0.9 | | |

4. ANALISIS HASIL

Validasi model dilakukan dengan membandingkan besar amplitudo pada setiap

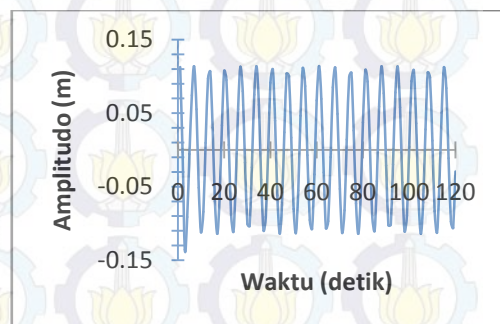
variasi kecepatan arus antara percobaan fisik (Bernitsas *et.al* 2009) dan numerik. Model berupa silinder osilasi tunggal dari percobaan fisik yang dilakukan oleh (Bernitsas *et.al* 2009). Percobaan numerik menggunakan bantuan ANSYS 12.0. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa percobaan fisik dan numerik mempunyai *trendline* yang sama. Persentase selisih yang paling besar terjadi pada kecepatan 0,83 m/s dengan persentase selisih sebesar 6,32%. Persen error tidak ada yang melebihi 10%, sehingga validasi yang dilakukan dapat dikatakan berhasil.



Gambar 3. Validasi model fisik dan numerik

4.1 Kinerja SO

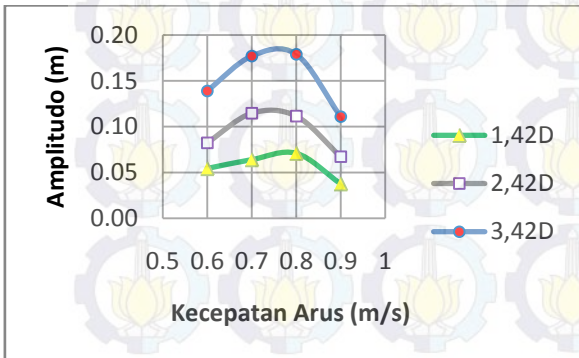
Gaya angkat dan kecepatan eksitasi yang merupakan *output* dari ANSYS 12.0 akan diolah secara numerik menggunakan persamaan 4. Setelah gaya angkat dan kecepatan eksitasi diolah, maka akan didapatkan amplitudo. Berikut ditampilkan besarnya amplitudo terhadap fungsi waktu.



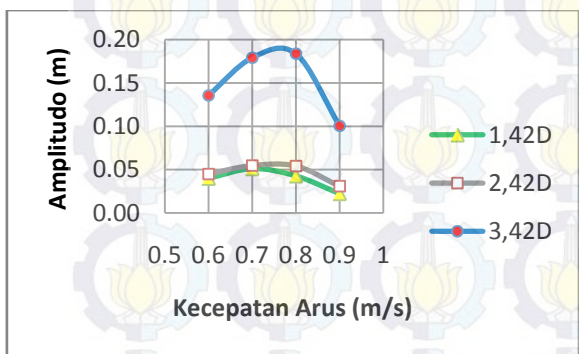
Gambar 3. Nilai amplitudo terhadap fungsi waktu selama 120 detik.

Gambar 4 berikut penulis menampilkan hasil perhitungan amplitudo maksimum untuk $K_s = 0$;

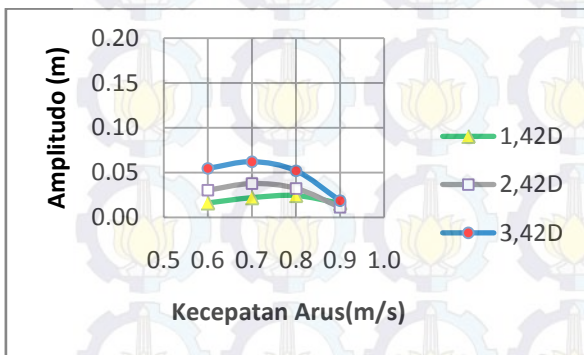
Gambar 5 untuk $K_s = 0,02 \text{ m}$ dan gambar 6 untuk $K_s = 0,45\text{m}$.



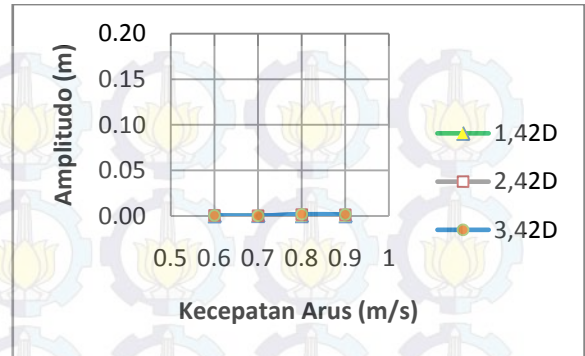
Gambar 4. Amplitudo maksimum untuk $K_s = 0$.



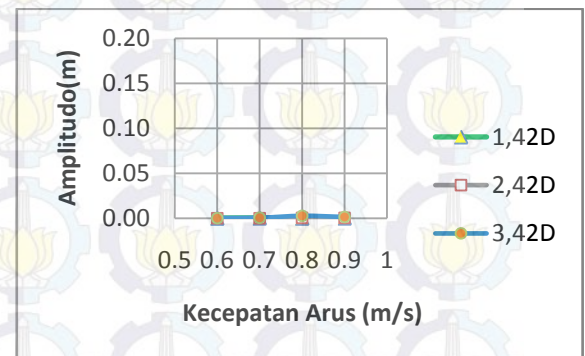
Gambar 5. Amplitudo maksimum untuk $K_s = 0,02\text{m}$.



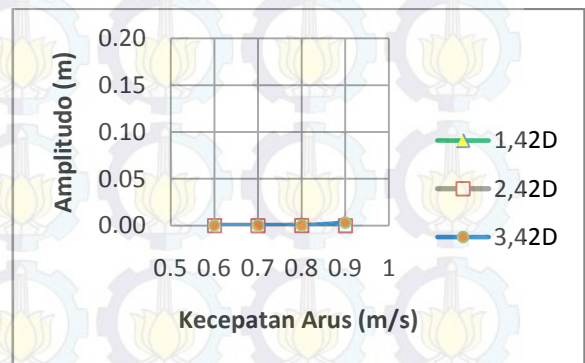
Gambar 6. Amplitudo maksimum untuk $K_s = 0,45\text{m}$.



Gambar 7. Amplitudo minimum untuk $K_s = 0$.



Gambar 8. Amplitudo maksimum untuk $K_s = 0,02\text{m}$.



Gambar 9. Amplitudo minimum untuk $K_s = 0,45\text{m}$.