

## Pengaruh Frekuensi Vibrasi Selang terhadap Pola Kucuran Air: Kondisi Resonansi sebagai Fungsi Frekuensi dan Laju Air

Gabriella Mega Puspitasari\*, Yulida Rachmawati, dan Sparisoma Viridi

### Abstrak

Fenomena kucuran air yang terlihat membeku saat selang air digetarkan telah marak dikenal. Frekuensi untuk membuat pola kucuran terlihat merambat naik, diam, dan merambat turun adalah 23 Hz, 24 Hz, dan 25 Hz berturut-turut. Teramati bahwa pada itu saat air mengalami simpangan terbesar, yang diduga disebabkan oleh peristiwa resonansi. Oleh karena itu dilakukan upaya untuk mencari kondisi yang menyebabkan resonansi. Hipotesis awal adalah adanya faktor dari frekuensi, laju air, atau jenis selang. Sebagai sumber frekuensi vibrasi digunakan motor listrik tipe MDB 56YL3ZO9A yang dapat bekerja dengan tegangan 0-12 V DC. Motor memutar piringan berbentuk elips yang memukul selang sebagai pengganti speaker yang berfungsi sebagai vibrator. Terdapat hubungan antara simpangan maksimal aliran air, kecepatan alir, dan frekuensi vibrasi.

Kata-kata kunci: kucuran air, vibrasi, resonansi

### Pendahuluan

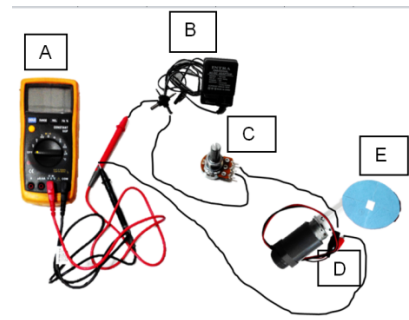
Vibrator menghasilkan getaran 24 kali dalam tiap detik. Ketika digunakan kamera 24 fps, kamera akan mengambil 24 frame yang sama persis setiap gambarnya sehingga pada 24 Hz menghasilkan efek diam (membeku) pada video. Pada 25 Hz, air terlihat mengalir turun karena adanya ekstra satu getaran pada vibrator dalam detik tersebut. Sedangkan pada 23 Hz, vibrator bergetar 23 kali dalam tiap detik (getarannya berkurang), sehingga menghasilkan efek gelombang merambat naik.

Pada percobaan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya [1-2], vibrator yang digunakan untuk menggetarkan selang menggunakan speaker yang dihubungkan dengan amplifier agar menghasilkan getaran yang lebih besar. Tapi pada tulisan kali ini, akan digunakan motor listrik [5] sebagai vibrator dan piringan elips yang membantu memperbesar getaran yang dihasilkan.

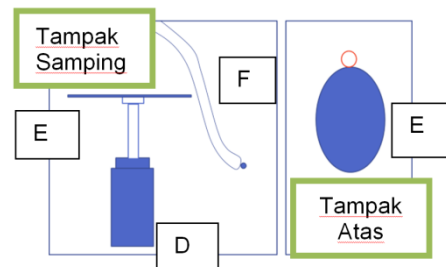
### Teori dan Eksperimen

Motor listrik berputar mengikuti kecepatan yang dapat diukur melalui arus yang mengalir. Besarnya arus listrik dapat dilihat melalui multimeter yang dipasang. Diatur tegangan listrik tetap, sebesar 12,3 V. Untuk mendapatkan simpangan terbesar, dapat dilakukan dengan mengubah-ubah potensiometer 1000 ohm. Kemudian, motor listrik yang ditempel piringan elips di atasnya akan memukul-mukul selang dan menghasilkan pola air menyerupai gelombang bila di tangkap menggunakan kamera CCD (kamera video standar). Susunan

rangkain listrik dan ilustrasi pemasangan alat disajikan pada gambar di bawah ini.



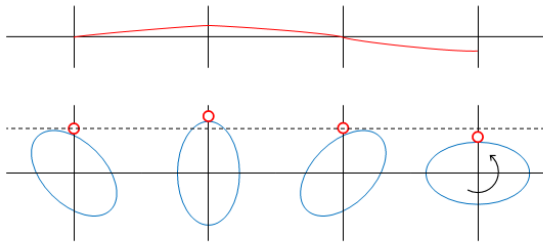
Gambar 1. Susunan rangkaian yang dirangkai secara seri: multimeter (A), catu daya (B), , poltasiometer (C), motor listrik (D), dan piringan elips (E).



Gambar 2. Ilustrasi letak motor listrik (D), selang (F), dan piringan elips (E) pada tampak samping (kiri) dan tampak atas (kanan).

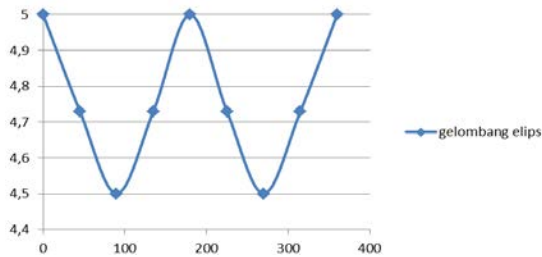
Selang air akan mengikuti bentuk dari piringan elips, sehingga akan memperbesar

simpangan pada kucuran air yang keluar dari selang. Berikut ilustrasinya:



Gambar 3. Ilustrasi hubungan letak selang air (berwarna merah) dengan piringan berbentuk elips (berwarna biru) terhadap waktu.

Berdasarkan jari-jari pada piringan elips dan sudut antara titik pusat piringan elips dengan pipa air, maka akan didapat grafik seperti berikut,



Gambar 4. Bentuk gelombang yang dihasilkan piringan elips. Bentuk gelombang menyerupai gelombang sinus.

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 digunakan persamaan elips,

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (1)$$

Dengan fungsi eksentrisitas pada elips adalah

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2}. \quad (2)$$

Hubungan antara jari jari dan sumbu adalah,

$$x = r \cos\theta, \quad (3)$$

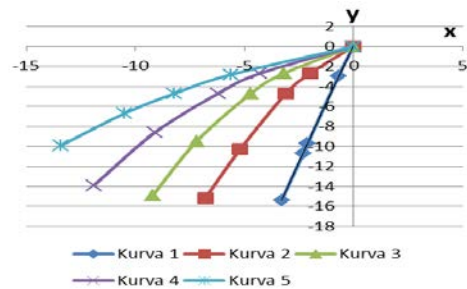
$$y = r \sin\theta. \quad (4)$$

Apabila (2), (3) dan (4) disubsitusikan pada persamaan (1), maka, akan di dapatkan rumus

$$r^2 = \frac{a^2(1-e^2)}{(1-e^2)\cos^2\theta + \sin^2\theta}. \quad (5)$$

### Hasil dan Diskusi

Terdapat 5 jenis kucuran air yang telah digunakan sebagai mana diberikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hasil percobaan dengan variabel kucuran air dengan variasi debit air

Berdasarkan hasil pengamatan yang di peroleh dari masing masing jenis kucuran dalam Gambar 5 diperoleh data arus listrik yang disajikan sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil percobaan yang menghasilkan variasi arus.

Percobaan ke-	I (mA)
1	45
2	41
3	47
4	60
5	85
5	85

Untuk mendapatkan nilai kecepatan awal dari masing masing kucuran, digunakan bantuan dari microsoft excel untuk mendapatkan fungsi parabola berupa

$$y = C_2 x^2 + C_1 x + C_0. \quad (6)$$

Berdasarkan rumus umum yang sudah diketahui,

$$t = \frac{x}{V_0 \cos \theta}. \quad (7)$$

$$y = V_0 \sin \theta \cdot t + \frac{1}{2} g t^2. \quad (8)$$

Persamaan (7) – (8) akan memberikan suatu hubungan [3],

$$y = \left( \frac{-g}{2V_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2 + (\tan \theta) x + C_0 \quad (9)$$

saat  $a_x = 0$  dan  $a_y = -g$ .

Sehingga diperoleh

$$C_2 = \left( \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \theta} \right) \quad (10)$$

$$C_1 = \tan \theta \quad (11)$$

Maka akan didapatkan

$$V_0 = \sqrt{\frac{g}{2 C_2 \cos^2 \theta}} \quad (12)$$

Syarat agar motor dapat berputar adalah

$$\tau_m > \tau_g \quad (13)$$

dimana  $\tau_m$  adalah torsi motor dan  $\tau_g$  adalah torsi gravitasi. Sesuai rumus umum torsi, bahwa,

$$\tau = I_{(\text{momen inersia})} \cdot \alpha \quad (14)$$

Sehingga dapat dituliskan,

$$\tau_m - \tau_g = I_m \cdot \alpha \quad (15)$$

$$\alpha = -\left(\frac{1}{I_m}\right) \tau_g + \frac{\tau_m}{I_m} \quad (16)$$

Dengan diketahui bahwa

$$\tau_g = m \cdot g \cdot \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} m g D, \text{ maka}$$

$$\alpha = -\left(\frac{gD}{2I_m}\right)m + \frac{\tau_m}{I_m} \quad (17)$$

Dengan pemisalan  $\beta = \frac{gD}{2I_m}$  dan  $\gamma = \frac{\tau_m}{I_m}$ .

Dimana  $\beta$  dan  $\gamma$  di peroleh dari hasil regresi massa ( $m$ ) terhadap alfa ( $\alpha$ ) sehingga diperoleh,

$$I_m = \frac{-gD}{2\beta} \quad (18)$$

$$\tau_m = I_m \cdot \gamma \quad (19)$$

Karena hasil regresi arus listrik ( $I$ ) terhadap momen inersia ( $I_m$ ) berupa fungsi kuadrat maka digunakan rumus empirik

$$I_m = K_0 + K_1 I + K_2 I^2 \quad (20)$$

Dengan bantuan persamaan (17) didapatkan dari hasil regresi,

$$\tau_m (I) = 9,5 \times 10^{-3} I + 3,37 \times 10^{-4} \quad (21)$$

(yang di sajikan pada tabel 2 dan gambar 6)

Efisiensi dituliskan sebagai [4]

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{\tau \omega}{IV} \quad (22)$$

Diasumsikan  $\eta = 1$  sehingga,

$$\omega = \frac{IV}{\tau} \quad (23)$$

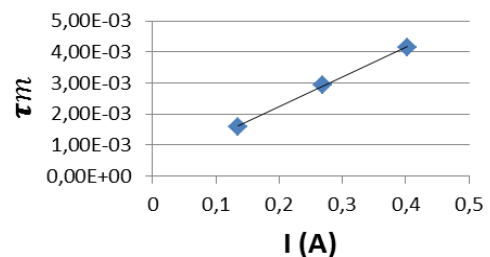
Persamaan (21) – (23) memberikan hubungan

$$\omega (I) = \frac{IV}{9,5 \times 10^{-3} I + 3,37 \times 10^{-4}} \quad (24)$$

Tabel 2. Variasi hasil perhitungan

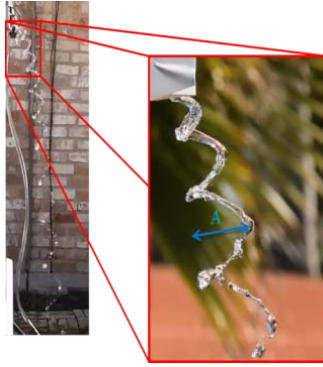
V (Volt)	I (A)	Im	TORSI
3	0,134529	$3,1 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-3}$
6	0,269058	$9,7 \times 10^{-6}$	$2,92 \times 10^{-3}$
9	0,403587	$7,4 \times 10^{-6}$	$4,16 \times 10^{-3}$

Berikut hubungan torsi motor dan arus listrik. Regresi ini diperlukan untuk mencari omega.

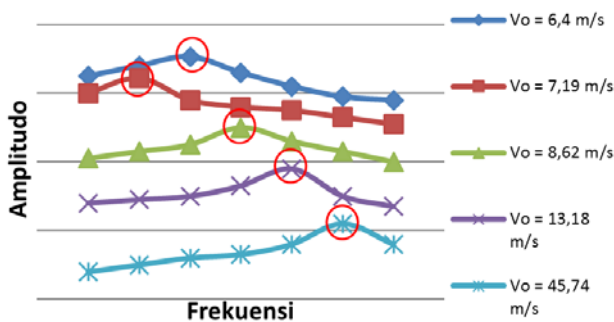


Gambar 6. Hasil regresi pada Tabel 2 ( ) dengan hasil regresi  $\tau_m = 9,5 \times 10^{-3} I + 3,37 \times 10^{-4}$  dan jari-jari  $R^2 = 1,00$  ( )

Berikut adalah ilustrasi letak amplitudo yang diambil. Amplitudo dalam satu kucuran memiliki variasi yang beragam. Diambil amplitudo yang paling besar (simpangan terbesar)

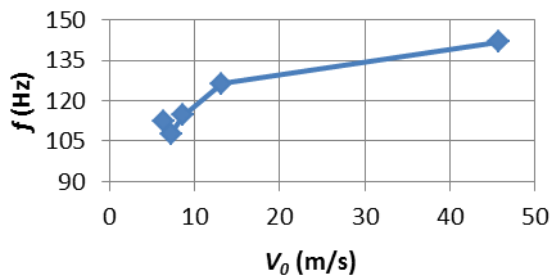


Gambar 7. Ilustrasi letak penghitungan amplitudo yang diambil [1]



Gambar 8. Ilustrasi pola amplitudo yang terbesar (O) pada setiap laju awal air.

Hasil dari titik amplitudo terbesar dari tiap kucuran, di satukan dalam satu grafik, yaitu Gambar 9. Hal ini berfungsi untuk mengetahui hubungan antara frekuensi dan kecepatan air.



Gambar 9. Hubungan antara frekuensi putar piringan elips yang menghasilkan simpangan terbesar (dalam Hz) dan kecepatan aliran air (dalam m/s)

Hubungan antara frekuensi dan volume yang di sajikan pada Gambar 9, memberikan kesimpulan bahwa semakin besar kecepatan air, semakin besar juga frekuensi yang dibutuhkan agar terjadi resonansi.

## Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa keadaan resonansi terjadi saat frekuensi tertentu dan laju air tertentu.

Semakin besar laju alir secara umum, diperlukan frekuensi vibrasi lebih besar agar resonansi terjadi. Hal ini teramati untuk rentang frekuensi 107-142 Hz.

## Ucapan terima kasih

Sosialisasi penelitian ini didanai oleh Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (Desentralisasi Dikti) dengan Nomor Kontrak: 310i/11.C01/PL/2015.

## Referensi

- [1] amazing water – YouTube ([https://www.youtube.com/results?search\\_query=amazing+water](https://www.youtube.com/results?search_query=amazing+water))
- [2] AMAZING! - How to "Freeze" Water with Sound - YouTube ([https://www.youtube.com/watch?v=\\_ytAq9sOXMo](https://www.youtube.com/watch?v=_ytAq9sOXMo))
- [3] Wikipedia contributors, 'Parabola', *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 17 June 2015, 16:25 UTC, <<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Parabola&oldid=667368996>> [accessed 23 June 2015]
- [4] Wikipedia contributors, 'Efficiency', *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 10 June 2015, 14:04 UTC, <<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Efficiency&oldid=666339804>> [accessed 23 June 2015]
- [5] Wikipedia contributors, 'Electric motor', *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 22 June 2015, 05:15 UTC, <[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric\\_motor&oldid=668059692](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric_motor&oldid=668059692)> [accessed 23 June 2015]

Gabriella Mega Puspitasari\*  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Bandung  
[gabriella\\_mega09@yahoo.com](mailto:gabriella_mega09@yahoo.com)

Yulida Rachmawati  
School of Architecture, Planning and Policy  
Development  
Institut Teknologi Bandung  
[yulida.rachma@gmail.com](mailto:yulida.rachma@gmail.com)

Sparisoma Viridi  
Nuclear Physics and Biophysics Research Division  
Institut Teknologi Bandung  
[dudung@fi.itb.ac.id](mailto:dudung@fi.itb.ac.id)

\*Corresponding author