

# Karakterisasi *Windbelt* Sebagai Generator Listrik

Nur Untoro<sup>1</sup>

**Abstract**—Research has been conducted to study the Wind belt as electrical generators. This research aims to study the aspect ratio of the ribbon to the ribbon flutter, the influence of stress to flutter frequency, the influence of wind speed to induction voltage, the effect of wind speed on the amplitude, wind speed relationship to flutter frequency, wind speed relationship to the power of wind belt . The results show that the bigger aspect ratio required lower wind speed to flutter. Test results wind belt frequency with a fixed force of 5.88 N and wind speed 3m / s to 5.5 m / s indicates the value of fixed frequency (  $111 \pm 0.2$  ) Hz . This fact shows the standing wave by fluttering ribbon following the Melde's law. Amplitude ribbons flutter initially increases with increasing wind speed, but eventually almost constant amplitude. This occurs because the elastic force who against the aerodynamic force was proportional with amplitude, so that the amplitude is fixed. Wind belt electric voltage generated increases with increasing wind speed. Wind belt electrical power is directly proportional to the wind speed.

**Intisari**— Telah dilakukan penelitian untuk mempelajari *windbelt* sebagai generator listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aspek rasio pita terhadap kibaran pita, pengaruh tegangan pita terhadap frekuensi, pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan listrik, pengaruh kecepatan angin terhadap amplitudo, hubungan kecepatan angin terhadap frekuensi, hubungan kecepatan angin terhadap daya listrik *windbelt*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspek rasio lebih tinggi diperlukan kecepatan angin yang lebih rendah untuk berkibar. Hasil pengujian frekuensi *windbelt* dengan tegangan tetap 5,88N dan kecepatan angin 3m/s hingga 5,5m/s menunjukkan nilai frekuensi tetap ( $111 \pm 0,2$ )Hz. Kenyataan ini menunjukkan gelombang berdiri oleh kibaran pita mengikuti hukum Melde. Amplitudo kibaran pita mula-mula bertambah dengan bertambahnya kecepatan angin, namun akhirnya amplitudo hampir konstan. Hal ini terjadi karena gaya penyimpang melawan gaya elastis yang makin besar, sehingga amplitudo berakhir tetap. Tegangan listrik yang dihasilkan *windbelt* meningkat dengan kenaikan kecepatan angin. Daya listrik *windbelt* berbanding lurus dengan kecepatan angin.

**Kata Kunci**— *windbelt*, aspek rasio, frekuensi kibaran, amplitudo, kecepatan angin, tegangan, daya listrik.

## I. PENDAHULUAN

### A. *Windbelt*

*Windbelt* merupakan pita kibar yang dikibarkan oleh angin yang mengalami turbulensi. Getaran dari kibaran pita diteruskan untuk menggetarkan magnet yang berada di antara kumparan sehingga menghasilkan perubahan fluks magnet yang menembus kedua kumparan tersebut. Perubahan fluks magnet menghasilkan gaya gerak listrik. *Windbelt* ditemukan oleh Shawn Frayne Hamdinger pada tahun 2004[1]. *Windbelt* merupakan alat alternatif untuk mengubah energi angin

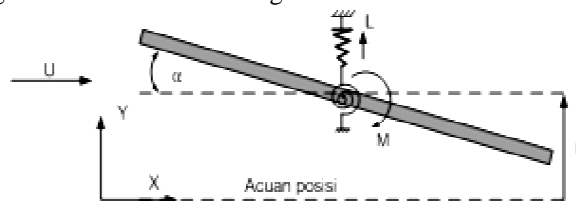
<sup>1</sup> Staf dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Jl. Marsda Adi Sucipto Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-540971, e-mail: nuruntorobinjamin@yahoo.co.id

menjadi energi listrik selain kincir angin.

*Windbelt* bekerja berdasarkan fenomena *aeroelastic flutter*. Efek *Aeroelastic flutter* merupakan topik dalam bidang *aeronautic* dan *civil engineering* [2]. Dalam bidang ini kibaran (*fluttering*) dipelajari untuk mencegah terjadinya, sebab kibaran dapat menyebabkan kerusakan fatal pada sayap pesawat terbang, jembatan dan struktur lainnya. Di lain pihak *aeroelastic flutter* dipelajari untuk memperoleh struktur yang mudah berkibar agar dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik.

Fenomena *aeroelastic flutter* melibatkan tiga unsur yaitu inersia, elastik, dan gaya aerodinamik. Sudah banyak tinjauan persamaan gerak *aeroelastic flutter* yang dikaji terkait konstruksi jembatan, dan pesawat terbang. Dalam kajian-kajian tersebut diarahkan untuk mencari formula menghindari adanya *aeroelastic flutter* yang bersifat merusak struktur. Sebaliknya pada pita kibar atau *windbelt*, fenomena *aeroelastic flutter* dikaji untuk memperoleh formula untuk merancang *windbelt* yang dapat memanen energi angin sebesar mungkin. Dengan demikian diinginkan pita berkibar (*flutter*) pada kecepatan angin rendah hingga tinggi, dengan menyerap energi angin sebanyak mungkin.

Gbr. 1 menunjukkan tampang lintang dari struktur plat bentangan panjang dalam aliran fluida dengan kecepatan  $U$ . Tampak gaya aerodinamik vertikal  $L$  dan momen puntir  $M$  bekerja pada struktur. Bentuk sederhana persamaan gerak kibar dapat dipandang sebagai dua derajat kebebasan gerak. Gerak vertikal dan gerak rotasi.



Gbr. 1 Tampang lintang struktur plat yang berkibar (*flutter*)

Persamaan gerak dinyatakan Scanlan [3]:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{h} + c_h\dot{h} + k_h h &= L \\ I\ddot{\alpha} + c_\alpha\dot{\alpha} + k_\alpha \alpha &= M \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Dengan  $h$  = pergeseran vertikal

$\alpha$  = pergeseran anguler,  $m$  = massa per satuan panjang

$I$  = momen inersia penampang lintang per satuan panjang

$c_h$  = koefisien redaman vertikal,

$c_\alpha$  = koefisien redaman rotasional

$k_h$  = koefisien kekakuan vertikal,

$k_\alpha$  = koefisien kekakuan rotasional

Persamaan (1) memiliki bentuk yang sama respon sistem orde dua. Ungkapan dalam bentuk rasio redaman kritis  $\xi_h$ ,  $\xi_\alpha$  dan

frekuensi alami, persamaan (1) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\left. \begin{aligned} m(\ddot{h} + 2\xi_h \omega_h \dot{h} + \omega_h^2 h) &= L \\ I(\ddot{\alpha} + 2\xi_\alpha \omega_\alpha \dot{\alpha} + \omega_\alpha^2 \alpha) &= M \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Karena perbedaan bentuk dan di sekitar struktur arus kompleks, tidak mungkin mengungkapkan gaya angkat (*lift*)  $L$  dan momen rotasi  $M$  dalam sebuah persamaan empiris yang umum. Scanlan dan Tomko [4] mengusulkan bentuk hubungan linier antara gaya dan gerak yang diungkapkan:

$$\left. \begin{aligned} L &= m(H_1 \dot{h} + H_2 \dot{\alpha} + H_3 \alpha) \\ M &= I(A_1 \dot{h} + A_2 \dot{\alpha} + A_3 \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Pada persamaan (3),  $\dot{h}$ ,  $\dot{\alpha}$  dan  $h$  diabaikan karena kecil pengaruhnya terhadap  $L$  dan  $M$ . Koefisien  $H_i$  dan  $A_i$ , disebut "flutter derivatives" dan diukur secara eksperimen diterowongan angin pada tes seksi turbulen rendah. Nilai tersebut diperoleh dari pengurangan kecepatan angin  $V_r$ ,  $V_r = U/fB$  dimana frekuensi struktur  $f$ , lebar struktur  $B$  dan kecepatan angin  $U$ .

Untuk mengevaluasi keadaan kibar (*flutter*), dari (2) dan (3) dapat diperoleh:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{h} + 2\xi_h \omega_h \dot{h} + \omega_h^2 h &= H_1 \dot{h} + H_2 \dot{\alpha} + H_3 \alpha \\ \ddot{\alpha} + 2\xi_\alpha \omega_\alpha \dot{\alpha} + \omega_\alpha^2 \alpha &= A_1 \dot{h} + A_2 \dot{\alpha} + A_3 \alpha \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Pada (4) kemudahan berkibar atau stabilitas bergantung pada besar (*magnitude*) dan tanda dari *flutter derivatives*. Jika  $H_1$  dan  $A_2$  dipindah ke ruas kiri, persamaan (4) menjadi:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{h} + (2\xi_h \omega_h - H_1) \dot{h} + \omega_h^2 h &= H_2 \dot{\alpha} + H_3 \alpha \\ \ddot{\alpha} + (2\xi_\alpha \omega_\alpha - A_2) \dot{\alpha} + \omega_\alpha^2 \alpha &= A_1 \dot{h} + A_3 \alpha \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Selanjutnya  $-H_1 \dot{h}$  dan  $-A_2 \dot{\alpha}$  dapat dipandang sebagai suku redaman negatif (*negative damping*) yang menyerap energi dari aliran udara. Jika magnitudo koefisien *negative aerodynamics damping*  $H_1$  lebih besar daripada koefisien redaman struktur (*structural damping*)  $2\xi_h \omega_h$ , seluruh amplitudo vibrasi sistem akan membesar hingga mencapai keadaan setimbang. Pada titik kesetimbangan, fenomena kibar mantap terjadi, dimana pergeseran vertikal dan pergeseran angular dapat dinyatakan sebagai  $h = h_0 \cos(\omega t)$  dan  $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t)$ .

Gerak osilasi pada pita yang ditambah pada kedua ujungnya merambat dan terpantul membentuk gelombang berdiri. Gelombang berdiri terbentuk dari superposisi gelombang yang merambat dan terpantul yang merambat dalam arah berlawanan. Energi menjalar dalam arah berlawanan, sehingga energi tidak berpindah, tetapi terperangkap diantara node (simpul). Gelombang berdiri dalam tali berbentuk:

$$\psi = \xi_0 \sin(kx) \cos(\omega t), 0 < x < L \quad (6)$$

dengan panjang pita  $L$ , rapat massa  $\rho$  (kg/m), tegangan pita  $T$  (N). Panjang gelombang yang mungkin adalah  $\lambda_n = nL/2$  dan  $k_n = 4\pi/nL$  dengan  $n$  bulat. Cepat rambat gelombang [5]:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \text{ (m/s)} \quad (7)$$

Pada kasus *windbelt*, gelombang berdiri membentuk  $\frac{1}{2} \lambda$ , frekuensi gelombang ditentukan dari hubungan:

$$v = f \lambda \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (8)$$

Energi total gelombang berdiri merupakan penjumlahan energi kinetik dan energi potensial:

$$E = \frac{1}{4} L \omega^2 \xi_0^2 \quad (9)$$

Tampak bahwa energi gelombang berdiri berbanding lurus dengan panjang pita, berbanding lurus dengan frekuensi dan amplitudo kuadrat.

Energi terperangkap antara dua simpul gelombang, jika tidak ada kebocoran maka nilainya tetap. Pada *windbelt*, energi ditransformasikan menjadi energi listrik, maka lebih tepat ditinjau dari daya angin dan daya mekanik *windbelt*.

Pada *windbelt*, gelombang berdiri berasal dari energi angin, dengan rapat daya angin  $P_a$  [6]:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho_u v^3 \quad (10)$$

Daya mekanik *windbelt*  $P_{wb}$  tentu merupakan sebagian dari daya angin yang menerpanya:

$$P_{wb} = C_{wb} P_a = \frac{1}{2} C_{wb} \rho_u A v^3 \quad (11)$$

Dengan  $C_{wb}$  efisiensi *windbelt*.

Luas sapuan *windbelt* tidak tetap, tetapi bergantung kecepatan angin, ketika kecepatan angin nol, luas sapuan sama dengan nol. Bila kecepatan angin diperbesar luas tetap nol hingga pada nilai kecepatan tertentu baru timbul kibar *windbelt*, yang berarti baru membentuk sapuan luasan. Penambahan kecepatan angin selanjutnya akan memperbesar amplitudo, sekaligus memperbesar luasan sapuan. Luasan sapuan *windbelt*:

$$A = 2 \times \int_0^L \xi_0 \sin kx dx, \text{ dengan } L = \frac{1}{2} \lambda$$

$$A = \frac{4\xi_0 L}{\pi} \quad (12)$$

Luas sapuan *windbelt* berbanding lurus dengan amplitudo dan panjang pita, untuk memperbesar amplitudo dapat ditempuh dengan memperkecil tegangan pita, namun di lain pihak tegangan pita rendah menyebabkan frekuensi rendah. Frekuensi rendah berarti energi atau daya *windbelt* rendah. Jadi tegangan pita harus dioptimasi untuk mendapatkan daya *windbelt* maksimum. Menurut D. Pimentel [7] pada kecepatan angin 3,6m/s, tegangan pita yang optimal adalah 8,4N, sedangkan pada kecepatan angin 7m/s tegangan pita optimum adalah 36N.

### B. Induksi elektromagnetik

Konduktor yang bergerak dalam medan magnet maka akan muncul gaya gerak listrik. Fenomena ini pertama kali diamati oleh Michael Faraday pada tahun 1831. Besar gaya gerak listrik sebanding dengan perubahan fluks magnetik yang menembus luasan dari loop kawat, diungkapkan dalam rumus:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (13)$$

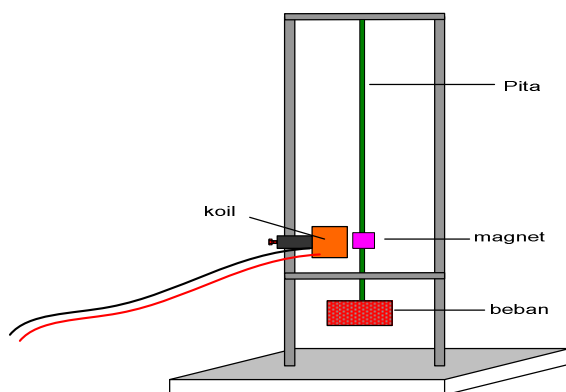
Tanda minus adalah hukum Lenz yang menyatakan arus induksi mengalir sedemikian hingga medan magnet yang dihasilkan menentang perubahan fluks magnet semula.

Arus induksi hanya muncul bila fluks magnetik berubah terhadap waktu, maka bila besar fluks tetap tidak muncul arus induksi. Perubahan fluks dapat diperoleh dengan menggerakkan magnet permanen mendekat/menjauhi loop konduktor.

## II. METODOLOGI

### A. Rancangan

Rancangan eksperimen *windbelt* terdiri atas rangka, pita, magnet permanen, kumparan, dan beban. Bentuk rancangan *windbelt* seperti ditunjukkan Gbr. 1. *Windbelt* diletakkan di depan kipas angin yang kecepatannya dapat diatur secara kontinyu. Arah angin membentuk sudut nol derajat terhadap pita



Gbr. 3 Rancangan untuk karakterisasi *windbelt*

### B. Prosedur penelitian

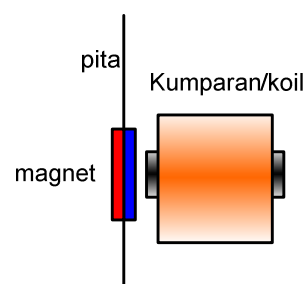
Perlakuan eksperimen adalah sebagai berikut:

1) *Aspek rasio*: Aspek rasio adalah perbandingan panjang terhadap lebar pita. Pita dibuat dari pita hias dengan panjang 50cm dan lebar pita divariasi : 6mm, 12mm, 25mm, dan 32mm,. Tiap-tiap ukuran pita akan ditentukan kecepatan angin saat mulai berkibar (beban tetap).

2) *Variasi tegangan pita*: Tegangan pita divariasikan dengan pemberian beban pada ujung bawah pita. Ukuran pita (aspek rasio) yang paling rendah kecepatan mulai berkibar dipilih untuk perlakuan variasi beban. Variasi beban diukur pada kecepatan angin 5m/s.

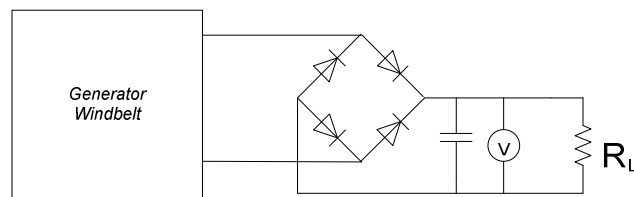
3) *Frekuensi pita*: Frekuensi pita diukur secara tidak langsung, yaitu berdasarkan frekuensi sinyal listrik induksi yang dihasilkan. Pengukuran ini dilakukan dengan osiloskop. Pengukuran frekuensi kibar dilakukan pada berbagai kecepatan angin.

4) *Generator*: Generator dibuat dari kawat email berdiameter 0,2mm yang digulung membentuk kumparan 2000 lilitan, dan dua buah magnet berbentuk balok berukuran: 2mm x 4mm x6mm.



Gbr. 4 Generator *windbelt*

5) *Penyearah*: Gaya gerak listrik induksi disearahkan dengan dioda bridge dan diukur beda potensial dengan voltmeter digital.



Gbr.5 Skema penyearah dan pengukuran tegangan

Rangkaian penyearah diberikan beban berupa hambatan 1k $\Omega$  untuk ditentukan daya yang dihasilkan *windbelt*. Pengukuran daya listrik dilakukan pada berbagai kecepatan angin.

## III. HASIL PENELITIAN

### A. Aspek rasio

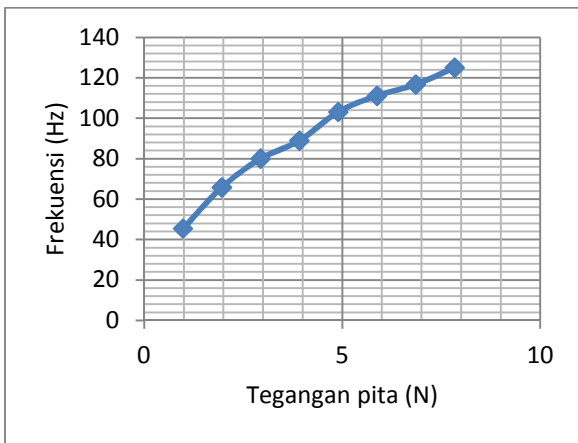
Pada eksperimen *windbelt* ini panjang bentang pita 50cm, aspek rasio pita yang cocok adalah minimal 50. Pita dengan lebar 12mm membutuhkan kecepatan angin minimal sekitar 4m/s agar berkibar. Pita dengan lebar 6mm atau aspek rasio 83, mulai berkibar pada kecepatan angin sekitar 2,5m/s.

Pita dengan aspek rasio dibawah 50 berkibar di atas kecepatan 4m/s. Semakin besar aspek rasio, pita semakin mudah berkibar. Hal ini disebabkan momen puntir pita semakin rendah, sehingga gaya aerodinamik dari angin dapat dengan mudah membuat pita berkibar. Dengan kondisi demikian penelitian selanjutnya menggunakan pita dengan lebar 6mm.

### B. Pengaruh tegangan pita terhadap frekuensi *windbelt*.

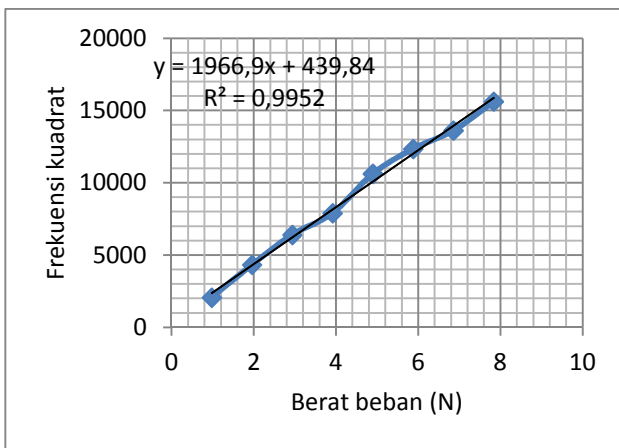
Tegangan pita divariasikan dengan pembebanan 50 gram hingga 800 gram. Besar beban demikian disesuaikan dengan kemampuan pita. Beban lebih dari 800 gram menyebabkan pita berubah bentuk yaitu melengkung atau menggulung.

Frekuensi kibar pita diukur dari gaya gerak listrik yang dihasilkan koil. Sinyal diamati dengan osiloskop, dan direkam dengan kamera. Hal ini dilakukan mengingat sinyal tampilan osiloskop tidak dapat dibuat berhenti. Hasil pengukuran pengaruh tegangan pita terhadap frekuensi *windbelt* sebagai berikut:



Gbr. 6 Grafik hubungan tegangan pita terhadap frekuensi *windbelt*

Untuk memastikan kesesuaian hasil penelitian dengan hukum Melde akan diuji nilai massa pita persatuan panjang ( $\rho$ ). Untuk keperluan ini dibuat grafik tegangan terhadap frekuensi kuadrat:



Gbr. 7 Metoda grafik untuk menentukan massa persatuan panjang pita

Pada panjang pita 50 cm, dan posisi magnet 3,5cm dari ujung maka, kibaran pita membentuk gelombang berdiri satu gelombang yang tidak simetri. Setengah gelombang dengan panjang 43cm, dan setengah gelombang dengan panjang 7cm.

Berdasarkan data ini, hukum Melde dan nilai gradien garis maka nilai massa persatuan panjang pita adalah 0,00069kg/m. Hasil pengukuran langsung yaitu massa pita 0,923gr, panjang 135cm, jadi  $\rho = 0,00068\text{kg/m}$ .

Dua hasil pengukuran yang sangat dekat yang menunjukkan bahwa frekuensi *windbelt* sesuai hukum melde. Kesesuaian ini juga didukung oleh nilai  $R^2 = 0,995$ .

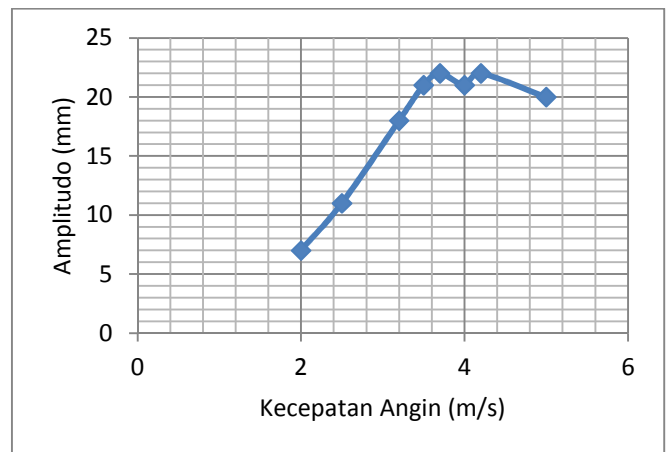
C. Pengaruh kecepatan angin terhadap frekuensi *windbelt*

Hasil pengujian frekuensi *windbelt* dengan tegangan tetap 5,88N dan kecepatan angin 3m/s hingga 5,5m/s menunjukkan nilai frekuensi tetap  $(111 \pm 0,2)\text{Hz}$ .

Kenyataan ini menunjukkan gelombang berdiri oleh kibaran pita mengikuti hukum Melde. Sifat ini menguntungkan bagi proses pengolahan sinyal.

D. Pengaruh kecepatan angin terhadap amplitudo pita

Pengaruh kecepatan angin terhadap amplitudo pita 6 mm dengan tegangan tetap 1,96N adalah tampak seperti Gbr. 3.

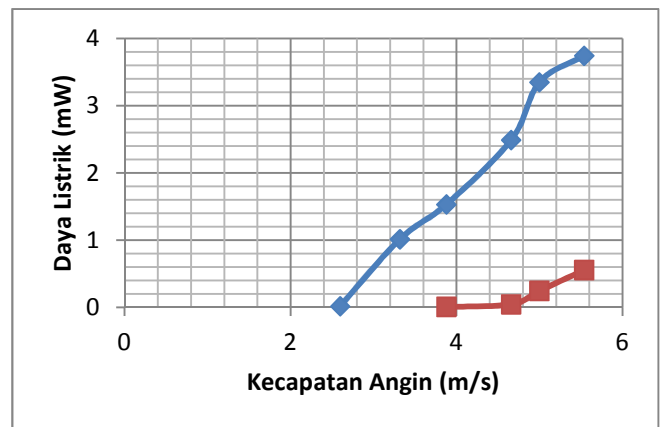


Gbr. 8 Pengaruh kecepatan angin terhadap amplitudo pita

Mula-mula amplitudo bertambah dengan bertambahnya kecepatan angin, namun akhirnya amplitudo hampir konstan. Hal ini terjadi karena gaya penyimpang melawan gaya elastis yang makin besar, sehingga amplitudo berakhir tetap.

E. Pengaruh Kecepatan angin terhadap daya listrik *windbelt*

Pada eksperimen ini output koil disearahkan dan diberi beban dengan hambatan tetap 1k $\Omega$ . Pemasangan koil ada dua posisi, yaitu berhadapan dengan pita atau berhadapan dengan kutub magnet dan posisi koil menyamping dari kutub magnet. Daya listrik ditentukan dengan rumus  $p = V^2/R_L$ , hasilnya adalah:

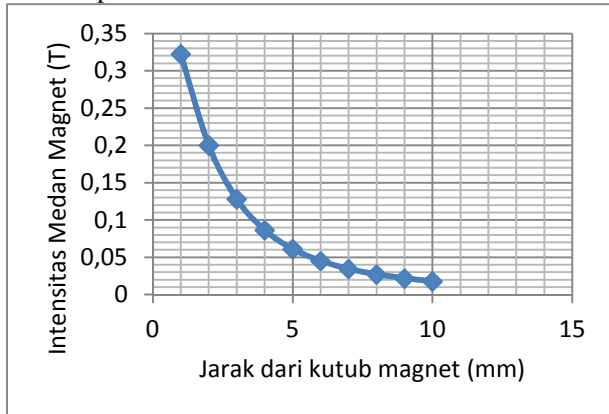


Gbr. 9 Daya *windbelt* untuk berbagai kecepatan angin

Pemasangan koil berhadapan (grafik merah) dengan medan magnet menghasilkan daya yang jauh lebih rendah dari pada posisi koil menyamping (grafik biru) medan magnet.

Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: Magnet yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 4mm x 4mm x 6mm dengan kuat kutub sekitar 1T. Jarak magnet dengan inti besi koil sekitar 5mm. Pada posisi koil berhadapan dengan

kutub magnet, perubahan kuat medan magnet pada ujung inti besi koil diperlihatkan oleh Gbr. 10.



Gbr. 10 Intensitas medan Magnet dihadapan kutub magnet

Berdasar Gbr. 10 misalkan osilasi magnet 4mm, maka intensitas medan magnet berubah dari  $0,1283\text{T} - 0,03451\text{T} = 0,09378\text{T}$ . Perubahan ini lebih kecil dibanding perubahan intensitas medan magnet pada posisi koil menyamping medan magnet. Pada sisi menyamping jarak magnet terhadap inti besi bisa lebih dekat sekitar 3mm, sehingga perubahan intensitas medan magnet kira-kira  $0,128\text{T} - (-0,128)\text{T} = 0,256\text{T}$ . Dalam kasus ini terjadi perubahan kutub magnet sehingga perubahannya dijumlahkan. Berdasarkan hukum induksi Faraday, maka posisi koil menyamping menghasilkan gaya gerak listrik yang jauh lebih besar dari pada posisi koil yang berhadapan dengan kutub magnet.

#### IV. KESIMPULAN

Aspek rasio pita yang tinggi cenderung lebih mudah berkibar. Frekuensi kibaran *windbelt* mengikuti hukum Melde.

Frekuensi kibaran *windbelt* tidak bergantung pada kecepatan angin. Pada kecepatan angin rendah amplitudo kibaran *windbelt* sebanding dengan kecepatan angin. Pada kecepatan angin lebih tinggi amplitudo hampir konstan. Tegangan listrik yang dihasilkan *windbelt* meningkat dengan kenaikan kecepatan angin. Daya listrik *windbelt* berbanding lurus dengan kecepatan angin

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LPPM Universitas Haluoleo yang telah membiayai penelitian ini dalam program Hibah Kompetensi.

#### REFERENSI

- [1] Hasler, Joe P. 2008, 5 Designers' Simple Inventions Match Up for Save-the-World Prize, *Popular Mechanic.com*.
- [2] Dowell, E.H. R. Clark, D. Cox, H. C. Curtiss, J. W. Edward, K. C. Hall, D. A. Peters, R. Scanlan, E. Simiu, F. Sisto, and T.W. Strganac, 2004, *A modern course in aeroelasticity*, 4 ed, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- [3] Scanlan R.H., 1978, The Action of Flexible Bridges under Wind, I: Flutter Theory, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 60(2), pp.187-199.
- [4] Scanlan R.H. and Tomko J.J., 1971, Airfoil and bridge deck flutter derivatives, *Journal of the Engineering Mechanics Division*, vol. 97, no. 6, pp. 1717-1737
- [5] Sears dan Zemansky (alih bahasa Pantur Silaban).2004, *Fisika Universitas* jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- [6] Burton Tony, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, 2001, *Wind Energy Hand Book*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- [7] Pimentel D., P. Musilek, A. Knight, J. Heckenbergerova, 2010, Characterization of a Wind Flutter Generator, *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2010 9th International Conference*, May 2010, pp 81-84.