

## SENSOR ELASTISITAS BERBASIS KOIL DATAR UNTUK MENGHITUNG KONSTANTA ELASTISITAS BEBERAPA JENIS KAYU TIDAK AWET UNTUK BANGUNAN RUMAH SEDERHANA

Nur Fatimah<sup>1\*</sup>, Islahudin<sup>2</sup>, Johri Sabaryati<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Mahasiswa Sarjana Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Mataram

<sup>2&3</sup>Dosen Progran Studi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Mataram

Corresponding author :

E-mail : islahudin.ntb@gmail.com

Diterima 2 Juli 2018, Disetujui 5 Juli 2018

### ABSTRAK

Penelitian ini untuk menghitung besarnya konstanta elastisitas beberapa jenis kayu tidak awet dengan mengukur kelenturan kayu sebagai tegangan keluaran sensor koil datar. Koil datar adalah lilitan kawat yang sangat tipis dan bertindak sebagai induktor, bersama dengan kapasitor membangun sebuah osilator yang menghasilkan frekuensi bergantung pada nilai induktansi dan kapasitansi. Adapun tujuan penelitian ini antara lain, (1) Membuat rangkaian pengolah sinyal dari sensor getaran berbasis koil datar, (2) Menentukan besarnya daya lentur beberapa jenis kayu tidak awet, (3) Menghitung besarnya konstanta elastisitas beberapa jenis kayu tidak awet, dan (4) Menentukan jenis kayu tidak awet yang memiliki daya lentur paling besar. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Muhammadiyah Mataram. Jarak logam pengganggu terhadap koil datar akan dirubah menggunakan beban yang digantungkan dengan lengan gaya yang berbeda. Data penelitian yang diperoleh akan ditampilkan oleh multimeter yang telah dihubungkan dengan sensor koil datar, kemudian dianalisis menggunakan *Microsoft Excel*. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan (1) Rangkaian pengolah sinyal berbasis koil datar telah dirancang dan dibuat dengan menghubungkan koil datar yang dijepit dengan statip terletak sejajar dengan kayu yang dijepit di samping meja dengan klem universal; (2) Tingkat kelenturan suatu kayu dapat ditentukan dengan mengukur besarnya  $V_{out}$  yang dihasilkan. Besar  $V_{out}$  yang dihasilkan adalah : Untuk kayu nangka pada lengan gaya 0,15-0,35 m berturut-turut adalah -0,40 volt; -0,39 volt; -0,38 volt; -0,35 volt; 0,1 volt. Untuk kayu durian adalah -0,39 volt; -0,38 volt; -0,37 volt; -0,20 volt; 1,29 volt. Untuk kayu mangga adalah -0,38 volt; -0,36 volt; -0,35 volt; -0,32 volt; 0,92 volt; (3) Konstanta elastisitas yang sudah diperoleh antara lain : Kayu nangka memiliki rentang (76,923-2000) N/volt dengan  $R = 0,994$ , kayu durian memiliki rentang (23,392-1333,333) N/volt dengan  $R = 0,983$ , dan kayu mangga memiliki rentang (29,851-1000) N/volt dengan  $R = 0,978$ ; (4) Kayu mangga adalah kayu tidak awet yang memiliki tingkat kelenturan paling besar dengan rentang (29,851-1000) N/volt dengan  $R = 0,978$ .

**Kata Kunci:** sensor elastisitas, koil datar, konstanta elastisitas, kayu tidak awet, rumah sederhana

### PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Indonesia adalah negara kepulauan dengan tingkat resiko terhadap gempa bumi yang cukup tinggi. Selain memakan korban jiwa, gempa bumi juga menyebabkan kerugian material karena bangunan yang rusak.

Rusak dan runtuhnya bangunan tersebut diakibatkan oleh ketidak mampuan konstruksi bangunan dalam meredam getaran gempa yang menyimpannya. Pada dasarnya, perlindungan bangunan oleh suatu peredam tahan gempa dicapai melalui penyerapan gaya getaran gempa oleh peredam, meningkatkan fleksibilitas bangunan dan memperkecil amplitudo getaran

yang diterima oleh struktur bangunan. Salah satu cara meredam getaran gempa adalah menggunakan jenis kayu yang tepat pada bagian atap bangunan terutama bangunan sederhana yang sebagian besar terbuat dari kayu tidak awet. Bangunan sederhana sebagian besar terdapat di wilayah yang dekat dengan perbukitan dan pegunungan.

Kondisi tersebutlah yang membuat peneliti ingin menganalisis daya redam vibrasi beberapa jenis kayu tidak awet sebagai atap bangunan menggunakan rancang bangun sensor getaran berbasis koil datar sebagai alat penginderanya. Dengan bantuan perangkat lunak, akan diperoleh suatu alat ukur getaran frekuensi beserta amplitudonya yang sederhana, mempunyai ketelitian tinggi dan biaya yang murah. Pada

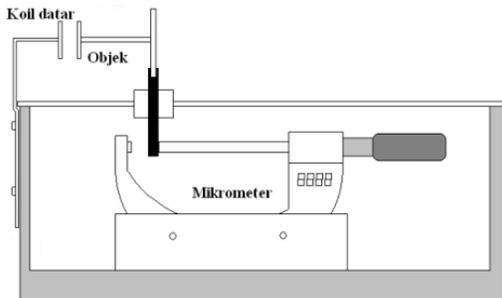
penelitian ini akan disertakan pengukuran jarak dan diukur responnya terhadap tegangan keluaran, selain itu tentunya dilakukan pengukuran getaran untuk frekuensi. Pengukuran jarak dilakukan karena pada hakikatnya bahwa getaran tersebut merupakan jarak yang berubah-ubah yang mempunyai posisi secara periodik.

**METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini metode atau jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental (*Eksperimental Research*) dengan percobaan di Laboratorium. Adapun penjelasan secara detail tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

**A. Tahap I : Desain Kalibrasi Jarak**

Elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan. Karena itu, agar koil dapat digunakan sebagai sensor elastisitas, maka harus dilakukan uji karakteristik statisnya. Koil datar yang digunakan adalah sebanyak tiga jenis koil yang memiliki diameter dan jumlah lilitan yang sama. Untuk keperluan ini, maka dibuat suatu objek yang dapat mengatur jarak massa pengganggu ke koil. Mekanik ini terdiri dari mikrometer digital yang dapat diatur perubahan jaraknya dengan ketelitian 1µm, bantalan objek yang dapat didorong oleh mikrometer sekrup, tempat meletakkan koil datar, dan keseluruhan bagian tersebut disatukan dengan body. Gambar mekanik dari sistem ini dapat dilihat pada gambar 2. di bawah ini.

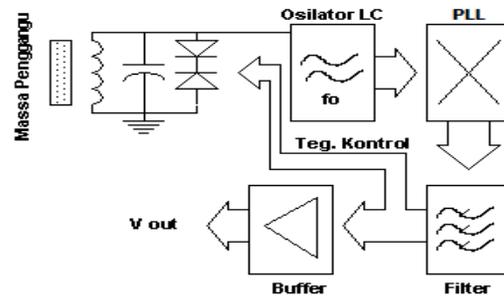


**Gambar 1.** Mekanik pengkalibrasi karakteristik stasis sensor (Islahudin dkk, 2017)

Cara kerja dari alat ini adalah dengan cara menarik atau mendorong bantalan mikrometer sehingga objek dapat menjauhi atau mendekati koil datar. Kalibrasi dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan jarak terjauh antara objek dengan koil datar sebesar 15 mm, sehingga koil datar hanya memungkinkan mendekati objek. Jarak ini digunakan untuk menentukan daerah kerja sensor koil datar.

**B. Tahap II : Merancang Rangkaian Pengolah Isyarat Analog Sensor Koil Datar**

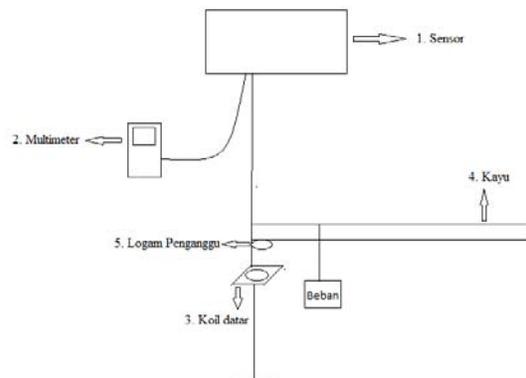
Rangkaian pengolah isyarat analog terdiri dari pengolah isyarat sensor, filter dan penguat diferensial. Blok diagram dari rangkaian pengolah isyarat analog ini dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



**Gambar 2.** Blok diagram rangkaian pengolah isyarat analog (Islahudin dkk, 2015)

**C. Kalibrasi Kelenturan Kayu**

Untuk kalibrasi kelenturan kayu, maka akan terlebih dahulu akan dijelaskan dalam bentuk bagan berikut :



**Gambar 3.** Bagan kalibrasi kayu tidak awet

Pada kalibrasi kayu ini, mula-mula kayu yang dibagian bawahnya sudah direkatkan dengan logam pengganggu di jepit menggunakan klem universal di sisi samping meja dengan lengan gaya 15 cm. Koil datar yang sudah di jepit dengan statip di letakkan sejajar dengan kayu. Kemudian beban di gantungkan diujung kayu, sehingga kayu turun mendekati koil datar. Perubahan jarak antara koil datar dengan logam pengganggu yang di rekatkan di kayu akan di tampilan oleh multimeter yang telah di hubungkan dengan sensor. Data yang ditampilkan di multimeter berupa tegangan keluaran. Tegangan keluaran tersebut akan dianalisis menggunakan *Microsof Excel*. Begitu pula proses yang sama dilakukan untuk kayu angka 2 dan 3, kayu durian 1, 2, dan 3, kayu mangga 1, 2, dan 3, dengan massa yang sama, tetapi lengan gaya yang berbeda.

**D. Teknik Analisis Data**

Pada penelitian yang dilakukan, data sensor elastisitas berbasis koil datar akan diolah

menggunakan prinsip sistem koordinat kartesian pada arah x, maka resultan tegangan sensor elastisitas koil datar menggunakan persamaan di bawah ini.

$$x = V_{out}$$

Untuk melakukan analisis konstanta elastisitas digunakan persamaan :

$$k = \frac{W}{\Delta V_{out}}$$

Keterangan :

- $V_{out}$  = tegangan keluaran sensor (volt)
- $W$  = gaya berat (N)
- $\Delta V_{out}$  = Perubahan tegangan keluaran (volt)
- $k$  = konstanta elastisitas (N/volt)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

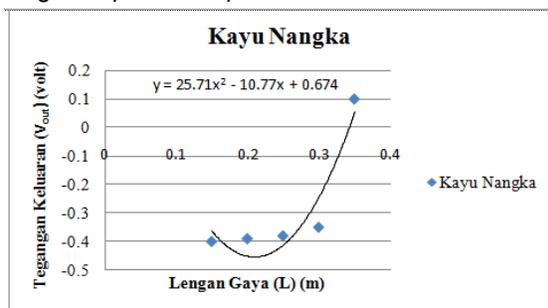
### A. Kayu Nangka

Dari pengamatan dan perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh data seperti yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengamatan  $V_{out}$  pada kayu nangka

No	Kayu Nangka	Lengan Gaya					$V_{out} (awal)$ (volt)
		$V_{out}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	
		(L <sub>1</sub> )	(L <sub>2</sub> )	(L <sub>3</sub> )	(L <sub>4</sub> )	(L <sub>5</sub> )	
1	Kayu Nangka 1	-0,40	-0,39	-0,38	-0,37	-0,12	-0,42
2	Kayu Nangka 2	-0,41	-0,40	-0,39	-0,37	-0,05	
3	Kayu Nangka 3	-0,39	-0,38	-0,37	-0,33	0,47	
$V_{out}$ rata-rata		-0,40	-0,39	-0,38	-0,35	0,1	

Berdasarkan Tabel 2 di atas, diperoleh  $V_{out}$  rata-rata untuk L<sub>1</sub> sebesar -0,40 volt; L<sub>2</sub> sebesar -0,39 volt; L<sub>3</sub> sebesar -0,38 volt; L<sub>4</sub> sebesar -0,35 volt; dan L<sub>5</sub> sebesar 0,1 volt. Dengan memasukkan data hasil penelitian tersebut akan dihasilkan sebuah grafik. Adapun grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu nangka dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara  $V_{out}$  terhadap L pada kayu nangka

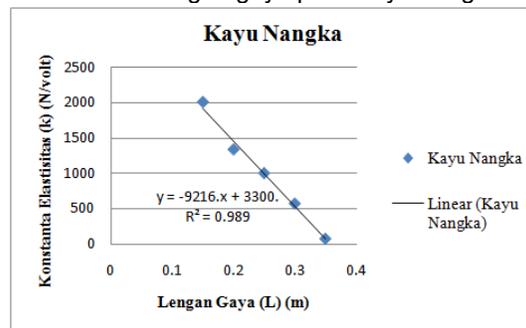
Berdasarkan Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa semakin panjang lengan gaya maka

semakin besar tegangan keluaran. Setelah mendapatkan tegangan keluaran dari kayu nangka disetiap lengan gaya, maka konstanta elastisitas kayu nangka dapat dihitung dengan Persamaan 3. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh besar konstanta elastisitas kayu nangka disetiap lengan gaya seperti yang terlihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan konstanta elastisitas kayu nangka

No	Lengan Gaya (m)	$V_{awal}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	$\Delta V$ (volt)	W (N)	k (N/volt)
1	0,15	-0,42	-0,4	0,02	40	2000
2	0,2		-0,39	0,03		1333,333
3	0,25		-0,38	0,04		1000
4	0,3		-0,35	0,07		571,429
5	0,35		0,1	0,52		76,923

Berdasarkan Tabel 2 di atas, diperoleh rentang nilai k pada kayu nangka sebesar (76.923-2000) N/volt. Untuk setiap lengan gaya memiliki konstanta elastisitas yang berbeda. Gambar 5 berikut ini adalah grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu nangka.



**Gambar 5.** Grafik hubungan antara k terhadap L pada kayu nangka

Berdasarkan Gambar 5 di atas diperoleh persamaan  $y = -9216, x + 3300$  dan  $R^2 = 0,989$ . Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin panjang lengan gaya maka semakin kecil konstanta elastisitas.

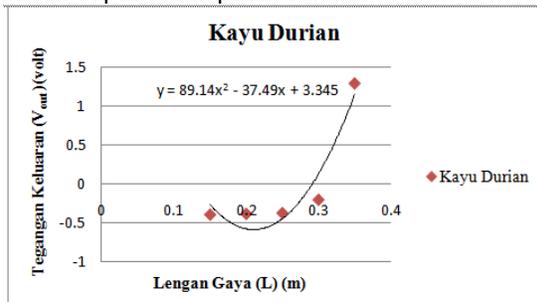
### B. Kayu Durian

Dari pengamatan dan perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh data seperti yang terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Hasil Pengamatan  $V_{out}$  pada kayu durian

No	Kayu Durian	Lengan Gaya					$V_{out}$ (awal) (volt)
		$V_{out}$ (volt) ( $L_1$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_2$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_3$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_4$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_5$ )	
1	Kayu Durian 1	-0,39	-0,38	-0,37	-0,27	1,62	-0,42
2	Kayu Durian 2	-0,40	-0,39	-0,38	-0,23	1,07	
3	Kayu Durian 3	-0,39	-0,38	-0,36	-0,11	1,20	
$V_{out}$ rata-rata		-0,39	-0,38	-0,37	-0,20	1,29	

Berdasarkan Tabel 3 di atas, diperoleh  $V_{out}$  rata-rata untuk  $L_1$  sebesar -0,39 volt;  $L_2$  sebesar -0,38 volt;  $L_3$  sebesar -0,37 volt;  $L_4$  sebesar -0,20 volt; dan  $L_5$  sebesar 1,29 volt. Dengan memasukkan data hasil penelitian tersebut akan dihasilkan sebuah grafik. Adapun grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu durian dapat dilihat pada Gambar 6.



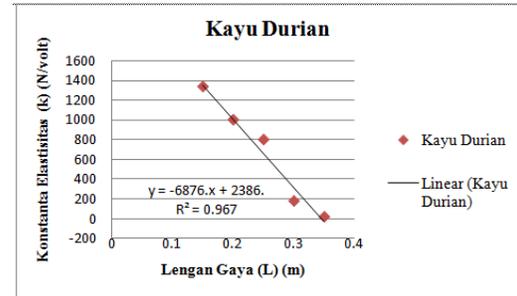
**Gambar 6.** Grafik hubungan antara  $V_{out}$  terhadap  $L$  pada kayu durian

Berdasarkan Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa semakin panjang lengan gaya maka semakin besar tegangan keluaran. Setelah mendapatkan tegangan keluaran dari kayu durian disetiap lengan gaya, maka konstanta elastisitas kayu durian dapat dihitung dengan Persamaan 3. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh besar konstanta elastisitas kayu durian di setiap lengan gaya seperti yang terlihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan konstanta elastisitas kayu durian

No	Lengan Gaya (m)	$V_{awal}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	$\Delta V$ (volt)	W (N)	k (N/volt)
1	0,15	-0,42	-0,39	0,03	40	1333,333
2	0,2		-0,38	0,04		1000
3	0,25		-0,37	0,05		800
4	0,3		-0,2	0,22		181,818
5	0,35		1,29	1,71		23,392

Berdasarkan Tabel 4 di atas, diperoleh rentang nilai k pada kayu angka sebesar (23,392-1333,33) N/volt. Untuk setiap lengan gaya memiliki konstanta elastisitas yang berbeda. Gambar 7. berikut ini adalah grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu durian.



**Gambar 7.** Grafik hubungan antara  $K$  terhadap  $L$  pada kayu durian

Berdasarkan Gambar 7 di atas diperoleh persamaan  $y = -6876x + 2386$  dan  $R^2 = 0.967$ . Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar lengan gaya maka semakin kecil konstanta elastisitas.

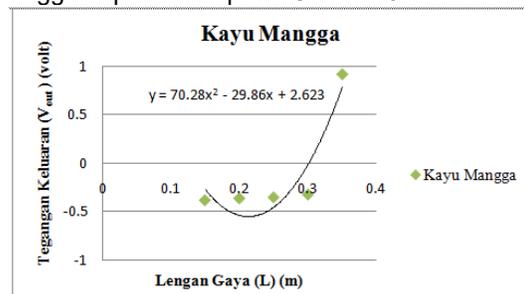
### C. Kayu Mangga

Dari pengamatan dan perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh data seperti yang terlihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Hasil Pengamatan  $V_{out}$  pada kayu mangga

No	Kayu Nangka	Lengan Gaya					$V_{out}$ (awal) (volt)
		$V_{out}$ (volt) ( $L_1$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_2$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_3$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_4$ )	$V_{out}$ (volt) ( $L_5$ )	
1	Kayu Mangga 1	-0,38	-0,37	-0,36	-0,30	1,59	-0,42
2	Kayu Mangga 2	-0,39	-0,36	-0,35	-0,34	0,37	
3	Kayu Mangga 3	-0,38	-0,37	-0,36	-0,34	0,81	
$V_{out}$ rata-rata		-0,38	-0,36	-0,35	-0,32	0,92	

Berdasarkan Tabel 5 di atas, diperoleh  $V_{out}$  rata-rata untuk  $L_1$  sebesar -0,38 volt;  $L_2$  sebesar -0,36 volt;  $L_3$  sebesar -0,35 volt;  $L_4$  sebesar -0,32 volt; dan  $L_5$  sebesar 0,92 volt. Dengan memasukkan data hasil penelitian tersebut akan dihasilkan sebuah grafik. Adapun grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu mangga dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik hubungan antara  $V_{out}$  terhadap  $L$  pada kayu mangga

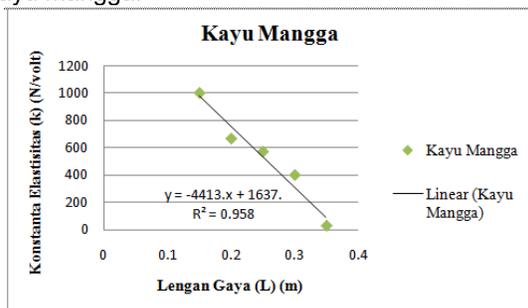
Berdasarkan Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa semakin panjang lengan gaya maka semakin besar tegangan keluaran. Setelah mendapatkan tegangan keluaran dari kayu

mangga disetiap lengan gaya, maka konstanta elastisitas kayu mangga dapat dihitung dengan Persamaan 3. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh besar konstanta elastisitas kayu mangga disetiap lengan gaya seperti yang terlihat pada Tabel 6 berikut.

**Tabel 6.** Hasil perhitungan konstanta elastisitas kayu mangga

No	Lengan Gaya (m)	V <sub>awal</sub> (volt)	V <sub>out</sub> (volt)	ΔV (volt)	W (N)	k (N/volt)
1	0,15	-0,42	-0,38	0,04	40	1000
2	0,2		-0,36	0,06		666,667
3	0,25		-0,35	0,07		571,427
4	0,3		-0,32	0,1		400
5	0,35		0,92	1,34		29,851

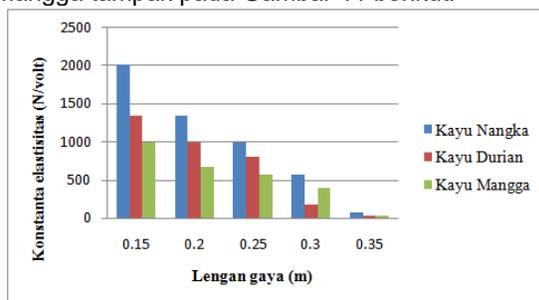
Berdasarkan Tabel 6 di atas, diperoleh rentang nilai k pada kayu mangga sebesar (29.851-1000) N/volt. Untuk setiap lengan gaya memiliki konstanta elastisitas yang berbeda. Gambar 9 berikut ini adalah grafik hubungan antara tegangan keluaran dan lengan gaya pada kayu mangga.



**Gambar 9.** Grafik hubungan antara K terhadap L pada kayu mangga

Berdasarkan Gambar 9 di atas diperoleh persamaan  $y = -4413x + 1637$  dan  $R^2 = 0.958$ . Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar lengan gaya maka semakin kecil konstanta elastisitas.

Adapun grafik perbedaan antara konstanta elastisitas kayu nangka, kayu durian, dan kayu mangga tampak pada Gambar 11 berikut.



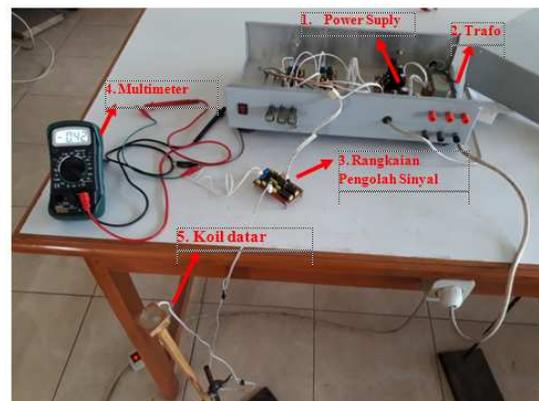
**Gambar 10.** Grafik perbedaan konstanta elastisitas kayu nangka, durian, dan mangga

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat perbedaan konstanta elastisitas ketiga jenis kayu

tidak awet pada lengan gaya yang berbeda. Pada lengan gaya 0,15 m – 0,25 m kayu mangga adalah kayu yang memiliki tingkat kelenturan terbesar, karena memiliki konstanta elastisitas yang kecil. Sedangkan pada lengan gaya 0,3 m – 0,35 m kayu durian yang memiliki tingkat kelenturan terbesar, karena memiliki konstanta elastisitas yang kecil dibandingkan dengan kayu nangka dan kayu mangga. Pada lengan gaya 0,35 konstanta elastisitas kayu durian dan kayu mangga memiliki selisih yang tipis, namun konstanta elastisitas kayu durianlah yang lebih kecil.

#### D. Produk Sensor Pengukur Kelenturan Kayu Tidak Awet

Box rangkaian yang telah dibuat pada penelitian ini antara lain berisi trafo, power supply, dan rangkaian pengolah sinyal. Adapun detail gambar dari box rangkaian dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



**Gambar 11.** Bagian-bagian dari box rangkaian sensor

Adapun desain alat penelitian untuk mengukur konstanta elastisitas kayu tidak awet dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



**Gambar 12.** Desain alat penelitian

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian pengolah sinyal berbasis koil datar telah dirancang dan dibuat dengan menghubungkan koil datar yang dijepit dengan statip terletak sejajar dengan kayu yang dijepit di samping meja dengan klem universal, berfungsi untuk merubah adanya perubahan induktansi koil datar akibat logam pengganggu menjadi tegangan keluaran ( $V_o$ ) DC. Rangkaian ini dapat bekerja secara maksimal dan dapat mengukur konstanta elastisitas suatu kayu dengan hasil yang akurat dan lebih efisien.
2. Tingkat kelenturan suatu kayu dapat ditentukan dengan mengukur besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan. Besar tegangan keluaran yang dihasilkan antara lain : Untuk kayu nangka pada lengan gaya 0,15-0,35 m berturut-turut adalah -0,40 volt; -0,39 volt; -0,38 volt; -0,35 volt; 0,1 volt. Untuk kayu durian pada lengan gaya 0,15-0,35 m berturut-turut adalah -0,39 volt; -0,38 volt; -0,37 volt; -0,20 volt; 1,29 volt. Untuk kayu mangga pada lengan gaya 0,15-0,35 m berturut-turut adalah -0,38 volt; -0,36 volt; -0,35 volt; -0,32 volt; 0,92 volt.
3. Konstanta elastisitas suatu kayu tidak awet dapat ditentukan dengan mengukur elastisitas kayu. Elastisitas kayu tersebut dapat dihitung setelah diketahui tegangan keluarannya. Konstanta elastisitas yang sudah diperoleh antara lain : Kayu nangka memiliki rentang (76,923-2000) N/volt dengan  $R = 0,994$ , kayu durian memiliki rentang (23,392-1333,333) N/volt dengan  $R = 0,983$ , dan kayu mangga memiliki rentang (29,851-1000) N/volt dengan  $R = 0,978$ .
4. Kayu tidak awet yang memiliki tingkat kelenturan paling tinggi adalah kayu tidak awet yang memiliki konstanta elastisitas terendah. Dalam hal ini kayu tidak awet yang paling besar tingkat kelenturannya adalah kayu mangga memiliki rentang (29,851-1000) N/volt dengan  $R = 0,978$ .

### Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut :

1. Peneliti mengharapkan agar pemerintah dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai rujukan dalam memilih kayu yang tepat yang dijadikan sebagai atap bangunan dalam pembangunan infrastruktur-infrastruktur baik yang ada di Kota maupun Desa, seperti pondasi jalan raya, pondasi gedung, maupun bangunan umum lainnya.

2. Peneliti juga mengharapkan kepada masyarakat agar informasi dari hasil penelitian ini bisa dijadikan sebagai pedoman dan berpikir cermat dalam rangka merencanakan bangunan rumah sederhana yang tepat dan baik yang tidak hanya berfungsi sebagai penopang bangunan yang kuat, terutama saat gempa terjadi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Allah SWT, kedua orang tua, dosen-dosen prodi pendidikan fisika Universitas Muhammadiyah Mataram, dan semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adi Cahyono, Setyo, dkk. *Model Osilator Wien dengan Pembatas Amplitudo Menggunakan Lampu Tungsten*. Jurnal Ilmiah Matematika, Volume 3 No.6, 2017- ISSN 2301-9115. Universitas Negeri Surabaya.
- Bahtiar. 2010. *Fisika Dasar I*. Yogyakarta : Kurnia Kalam Semesta.
- Djamal, Mitra. 1996. *A Study of Flat Coil Sensor For Measuring Displacements*. Journal Departement of Physics, Faculty of Mathematics and Sciences ITB.
- Djamal, Mitra, dkk. 2011. *Sensor, Teknologi dan Aplikasinya*. Prosiding Seminar Kontribusi Fisika, 1-2 Desember ISBN 978-602-19655-1-1. Bandung.
- Frick, Heinz. 1982. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Yogyakarta : Kasinus.
- Giancoli, Douglas C. 1998. *Physic Fifth Edition*, Alih bahasa Hanum, Yuhilza. Jakarta : Erlangga.
- Islahudin, dkk. 2017. *Pengembangan Sensor Koil Datar 3-D untuk Deteksi Gempa Dini di Wilayah Lombok*. JNTETI, Vol.6, No 1, ISSN 2301-4156. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Islahudin, dkk. 2015. *Sensor Getaran Berbasis Koil Datar untuk Menghitung Frekuensi Getaran Bandul Matematis*. Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika, Vol. 1, No. 1, hal. 19-28. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Kurnia, Ana. 2009. *Sifat Keterawetan dan Keawetan Kayu Durian, Limus, dan Duku terhadap Rayap Kayu Kering, Rayap Tanah, dan Jamur Pelapuk*. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lazuardi. 1996. *Studi Awal Sensor Getaran Berdasarkan Prinsip Induktif*. [Tesis].

- Program Magister Fisika S2. Jurusan Fisika. Institut Teknologi Bandung.
- Mulyadi, Muhammad. 2006. *Kecepatan Rambat Gelombang dan Keteguhan Lentur Beberapa Jenis Kayu pada Berbagai Kondisi Kadar Air*. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- P3HH. 2008. *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*. Indonesia : Indonesian Sawmill and Woodworking Association (ISWA).
- Ramadoan, Doni. 2015. *Analisis Daya Redam Vibrasi pada Beberapa Struktur Tanah Keruk Pondasi Bangunan Menggunakan Sensor Getaran Berbasis Koil Datar di Kecamatan Batukliang Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat*. [Skripsi]. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Reitz, John R, dkk. 1979. *Foundations of Electromagnetic Theory, 3<sup>rd</sup>*. Addison-Wesley.
- Rusnaldy, dkk. 2009. *Pengukuran Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Kayu Untuk Furnitur*. ROTASI, Vol. 11 No. 4. Universitas Diponegoro.
- Satwiko, Dinar, dkk. 2012. *Pengawetan Kayu Mangga (*Mangifera Indica*) Secara Tekanan dengan Permethrin untuk Mencegah Serangan Rayap Kayu Kering*. Seminar Nasional Mapeki XV. Makassar.
- Septrianda Putri, Lora. 2013. *Ketahanan Kayu Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) terhadap Marine Borers pada Kedalaman Laut yang Berbeda* [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Sidabukke, Santi T dkk. 2017. *Pembuatan Detektor Frekuensi Tunggal Berbasis Prinsip Eddy Current Untuk Pengukuran Ketebalan Logam Non Magnetik CU dan AL*. Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia, ISSN 1412-2960. Universitas Riau Pekanbaru.
- Sumarni, Ginuk, dkk. 2004. *Keawetan 52 Jenis Kayu Indonesia*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 22 No. 1.
- Sutrisno. 1986. *Elektronika: Teori Dasar dan Penerapannya (Jilid I dan II)*. Bandung : ITB.