

## FISIBILITAS PENGUKURAN KAPASITANSI UNTUK MENDETEKSI RONGGA KAYU

### THE MEASURE FEASIBILITY OF CAPACITANCE TO DETECT OF HOLE IN THE WOOD

Sarah Maulidasari<sup>1</sup>, Dudi Darmawan<sup>2</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[srhmaulidasari@gmail.com](mailto:srhmaulidasari@gmail.com), <sup>2</sup>[dudiddw@gmail.com](mailto:dudiddw@gmail.com), <sup>3</sup>[qurthobi@gmail.com](mailto:qurthobi@gmail.com)

#### Abstrak

Kayu merupakan material yang bersifat isolator namun dapat menjadi bahan konduktor bila dalam keadaan kering tanur (kadar air sedikit). Pada penelitian ini, kayu yang diuji dalam keadaan diberi rongga (lubang) dengan variasi ukuran diameter rongga (lubang) dan variasi posisi rongga (lubang) yang selanjutnya akan diukur nilai kapasitansinya. Nilai kapasitansi di dapat dari hasil konversi nilai tegangan keluaran yang di dapat dari pengukuran sensor kapasitif menggunakan rangkaian penguat pembalik. Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang prinsip kerjanya berdasarkan konsep kapasitif. Tegangan *input* yang diberikan yaitu 0,7071 Vrms dan frekuensi 200 Hz. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, semakin besar ukuran rongga (lubang) pada kayu maka semakin besar pula nilai kapasitansi yang dihasilkan dan setiap posisi menghasilkan nilai kapasitansi yang berbeda-beda.

**Kata kunci :** Kayu, nilai kapasitansi, penguat pembalik, sensor kapasitif.

#### Abstract

*Wood is an insulator material but it might be a conductor if it's in a dry kiln condition (low water content). In this research, the woods tested were given cavities (holes) with variations of cavity (hole) diameter size and variations of the cavity (hole) position which the capacitance value would further be measured. The capacitance value obtained by the conversion result of the output voltage value from the measurement of a capacitive sensor using an inverting amplifier circuit. The capacitive sensor was an electronic sensor which its working principle was based on the capacitive concepts. The given input voltage was 0.7071 Vrms and the frequency was 200 Hz. Based on the test which had been conducted, the larger the size of the cavity (hole) on the wood, the greater the resulting capacitance value and each position produced different capacitance values.*

**Keywords:** Wood, capacitance value, inverting amplifier, capacitive sensor.

#### 1. Pendahuluan

Kayu merupakan salah satu material yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan bahan baku mebel. Setiap jenis kayu mempunyai ciri nya tersendiri baik sifat kimia, fisik, atau mekaniknya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan dari kayu adalah faktor biologis (mikroorganisme yang menyerang kayu), kadar air, dan berat jenis kayu. Indonesia memiliki sumber potensi hutan yang tidak sedikit, yaitu sekitar 4000 jenis kayu. Tetapi dari jumlah tersebut hanya sebagian kecil saja yang sudah diketahui sifat serta kegunaannya[1].

Dengan segala keunggulan yang dimiliki oleh material ini, kayu juga memiliki kekurangan salah satunya yaitu mudah keropos. Kayu memiliki jenis yang sangat banyak yaitu sekitar 3.132 jenis kayu yang sudah dikelompokkan berdasarkan tingkat keawetannya. Kayu memiliki kelas awet, yaitu I, II, III, IV, dan V. Hanya sedikit yang memiliki tingkat keawetan tinggi yaitu pada kelas I dan II sekitar 14,3 persen, sedangkan sisanya memiliki tingkat keawetan yang rendah yaitu pada kelas III, IV, dan V sekitar 85,7 persen[2].

Pengeroposan kayu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan dari kayu yaitu faktor biologis. Faktor ini disebabkan oleh mikroorganisme yang menyerang kayu yang disebut rayap. Ketika kayu dalam keadaan lembab, kayu akan menjadi lunak. Pada saat kayu menjadi lunak, rayap akan lebih mudah untuk menggerogoti kayu sehingga kayu menjadi keropos dan akhirnya lapuk.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, untuk mendeteksi cacat pada kayu menggunakan metode Gabor Wavelet Transform. Metode ini bertujuan untuk mendeteksi kayu cacat dan kayu normal berdasarkan pada pengolah citra digital. Citra kayu diambil menggunakan kamera, kemudian melalui proses yang dapat mendeteksi cacat pada kayu. Cacat kayu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah cacat kayu berlubang, cacat mata kayu, dan retak atau belah[3].

Pada penelitian sebelumnya[4], metode *Non-Destructive Testing* (NDT) dapat dilakukan untuk mengetahui sifat elektrik suatu bahan yang hasilnya dapat menentukan jenis kayu. Secara umum metode *Non-Destructive Testing* (NDT) didefinisikan sebagai metode untuk mengidentifikasi sifat fisis atau mekanis bahan tanpa menimbulkan kerusakan yang dapat mengubah kemampuan pemanfaatan akhir dari suatu bahan. *Testing* yang dilakukan yaitu inspeksi visual, *liquid penetrant*, ultrasonic, magnetik, elektrik, *X-ray*, dan lain sebagainya.

Penulis ingin melakukan penelitian berdasarkan penelitian sebelumnya dengan membuat rongga pada suatu jenis sampel kayu. Pada penelitian ini memvariasikan ukuran rongga dan posisi rongga pada suatu jenis sampel kayu yang selanjutnya akan diukur nilai kapasitansinya.

## 2. Dasar Teori

Kayu ada yang memiliki sifat fisik yang lunak (*softwood*) dan sifat fisik yang keras (*hardwood*). Kekerasan kayu dinyatakan dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Rata-rata kekerasan kayu adalah 320 – 720  $\text{kg/m}^3$ . Kayu yang sangat lunak memiliki tingkat kekerasan kayu sekitar 160  $\text{kg/m}^3$ , sedangkan kayu yang sangat keras memiliki tingkat kekerasan kayu sekitar 1000  $\text{kg/m}^3$ [7].

### 2.1 Kayu Jati

Kayu jati (*Tectona grandis*) termasuk famili Verbenaceae yang memiliki berat jenis sebesar 0,67 dan kelas kuat II. Kayu jati terkenal akan kekuatannya dan kepadatannya. Kayu jati memiliki kekerasan antara 630-720  $\text{kg/m}^3$ . Kayu jati tumbuh di daerah-daerah dengan musim kemarau yang sangat panjang pada tanah yang agak kering berkala atau sangat kering. Biasanya di Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (Sumbawa), Maluku, dan Lampung. pohon jati dapat tumbuh dengan ketinggian 40-45 meter dengan diameter 1,8-2,4 meter selama ratusan tahun. Tetapi, pohon jati rata-rata mencapai ketinggian 9-11 meter dengan diameter 0,9-1,5 meter[8].

### 2.2 Kayu Albasia

Kayu albasia (*Paraserianthes falcataria*) juga dikenal dengan nama sengon. Daerah penyebaran sengon di Indonesia cukup luas, diantaranya Sumatra, Bali, Maluku, dan Jawa yang merupakan propinsi dengan luas tanaman sengon rakyat terbesar terutama Jawa Tengah dan Jawa Barat. Pada umumnya tanaman sengon berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m dengan diameter pohon dewasa mencapai 100 cm atau lebih.

Kayu sengon pada umumnya ringan, lunak, sampai agak lunak. Kerapatan kayu nya antara 230 dan 500  $\text{kg/m}^3$  pada kadar air 12-15%. Serat kayunya lurus yaitu saling bertautan serta teksturnya cukup kasar namun seragam. Kayu sengon tidak tahan lama jika digunakan ditempat terbuka karena sangat rentan terhadap berbagai jenis serangan serangga dan jamur. Kayu sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti bahan konstruksi ringan, bahan kemasan ringan, korek api, sepatu kayu, alat musik, mainan, bahan baku triplex dan kayu lapis, serta sangat cocok untuk bahan papan partikel dan papan blok[9].

### 2.1 Kapasitansi

Kapasitor adalah komponen elektronik yang tersusun dari dua buah permukaan plat yang sejajar (jarak antar setiap titik pada kedua permukaan sama) dan diberi muatan yang sama besar di setiap permukaan tetapi dengan jenis muatan yang berbeda. Salah satu fungsi kapasitor yaitu sebagai komponen penyimpan muatan. Besarnya muatan yang dapat tersimpan di dalam kapasitor tergantung pada daya tampung muatan kapasitor tersebut karena setiap kapasitor memiliki daya tampung muatan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, terdapat suatu besaran yang dapat menentukan perbedaan muatan maksimum yang bisa disimpan dalam suatu kapasitor, yaitu kapasitansi[10].

Kapasitor mempunyai sifat dapat menyimpan muatan listrik, dapat menahan arus searah, dan dapat melewatkan arus bolak balik. Hubungan antara besarnya muatan yang tersimpan dalam kapasitor dengan nilai kapasitansi kapasitor dan beda potensial antar kedua permukaan kapasitor adalah sebagai berikut.

$$Q = C V \quad (2.1)$$

dengan Q merupakan muatan yang tersimpan dalam kapasitor dalam satuan Coulomb (C), C merupakan kapasitansi dalam satuan Farad (F), dan V merupakan beda potensial antar permukaan kapasitor dalam satuan Volt (V).

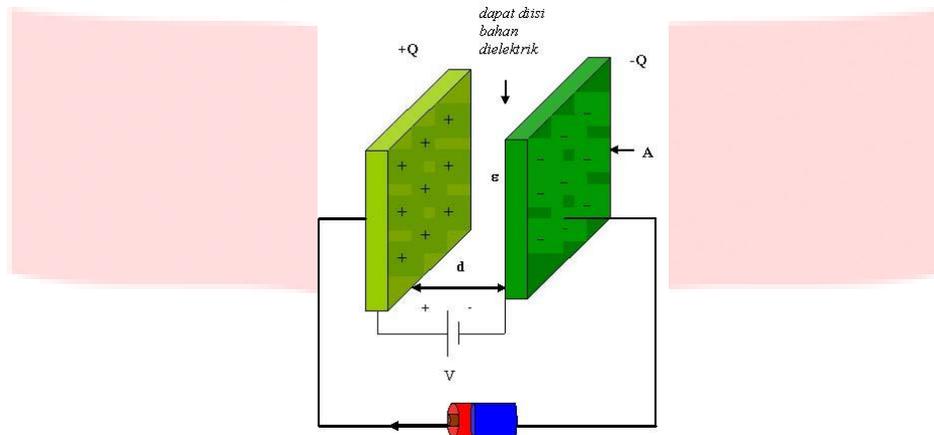
Gambar 2.1 merupakan kapasitor plat sejajar yang memiliki nilai kapasitansi didalamnya. Kapasitansi adalah kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan pada kedua platnya yang bergantung pada bahan dielektrik yang digunakan, luas dari plat-platnya, dan jarak antara kedua platnya. Dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

dengan  $\epsilon$  merupakan permitivitas bahan dalam satuan Farad per meter ( $F/m$ ),  $A$  merupakan luas plat dalam satuan meter persegi ( $m^2$ ), dan  $d$  merupakan jarak antara kedua plat dalam satuan meter (m).  
dengan,

$$\epsilon = \epsilon_0 \times \epsilon_r \quad (2.3)$$

dengan  $\epsilon_0$  merupakan permitivitas vakum atau konstanta listrik dimana  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} F/m$ .  $\epsilon_r$  merupakan konstanta dielektrik yang juga disebut permitivitas listrik relatif dari bahan di antara lempeng.



Gambar 2.1 Kapasitor Plat Sejajar

Tabel 2.1 merupakan beberapa bahan dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik atau permitivitas listrik relatif. Bahan dielektrik adalah bahan isolator yang memiliki tingkat kemampuan penguatan tinggi yang besarnya diwakili oleh konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) dengan cara meletakkan bahan dielektrik diantara dua plat sejajar yang terdapat medan listrik ( $E$ ) didalamnya. Ketika bahan dielektrik berada dalam medan listrik, muatan listrik ( $Q$ ) tidak akan mengalir sehingga tidak akan memunculkan arus seperti bahan konduktor, tetapi akan terpolarisasi.

Tabel 2.1 Konstanta Dielektrik Beberapa Jenis Bahan

Material	Konstanta Dielektrik ( $\epsilon_r$ )
Udara Kering (68°F)	1,000536
Air	4-88
Kayu Kering	2-6
Kertas Minyak	4
Kaca	3,7-10
Kertas	2,3

### 3. Metodologi

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: 1) pembuatan sampel; 2) perancangan sensor kapasitif; 3) perancangan penguat *inverting*; 4) pengujian sensor dan pengambilan data; 5) pengolahan data dan analisis.

#### 3.1 Pembuatan Sampel

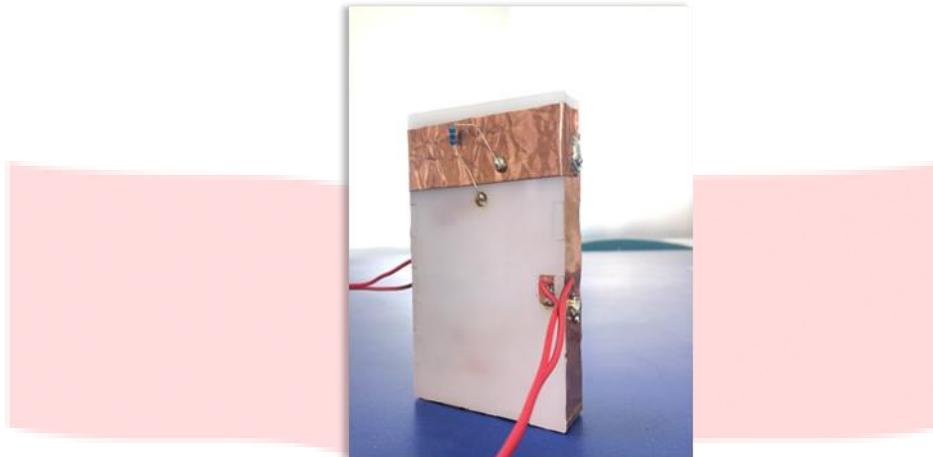
Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu jati dan kayu albasia. Kayu yang akan digunakan untuk bahan uji pengukuran kapasitansi memiliki bentuk persegi panjang dengan ukuran  $10 \times 5 \times 0,4$  cm. Dalam penelitian ini terdapat 2 pengujian, yaitu variasi ukuran rongga kayu dan variasi posisi rongga kayu dengan salah satu ukuran saja. Pengujian dibuat menjadi 20 sampel kayu yang terdiri dari 2 jenis kayu yang berbeda. Dari 1 jenis kayu dibuat menjadi 10 sampel dalam keadaan normal (kering angin), yaitu 1 sampel dalam keadaan tidak ada rongga, 5 sampel untuk variasi ukuran rongga kayu, dan 4 sampel untuk variasi posisi rongga kayu. Kayu normal (kayu kering angin) yaitu kayu yang disimpan pada suhu ruangan antara  $20^\circ C - 25^\circ C$ .

#### 3.2 Perancangan Sensor Kapasitif

Sensor kapasitif dirancang dengan bentuk kapasitor plat sejajar yang menggunakan prinsip kapasitif. Sensor dirancang dengan ukuran  $10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm}$  menggunakan dua plat tembaga yang disusun sejajar. Sampel kayu uji disisipkan diantara kedua plat tembaga yang berukuran sama dengan sampel kayu yang dirancang untuk menempel dengan sampel kayu.

Gambar 3.1 merupakan sensor kapasitif yang digunakan untuk pengujian. Untuk melapisi bagian luar plat tembaga digunakan akrilik dengan ukuran tinggi 12 cm dan lebar 5,5 cm yang berfungsi sebagai tempat atau bagian

luar dari sensor. Kedua plat tembaga diposisikan pada sisi kanan dan kiri sampel kayu yang akan diberikan kabel (*probe*) pada bagian sisi atas yang akan terhubung ke alat pengukuran.

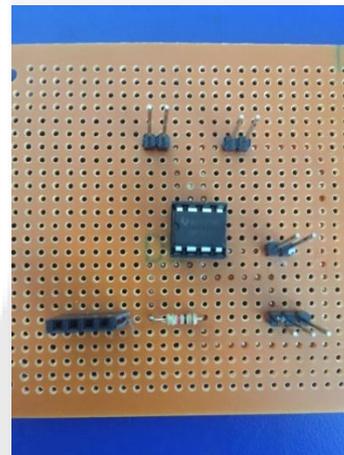
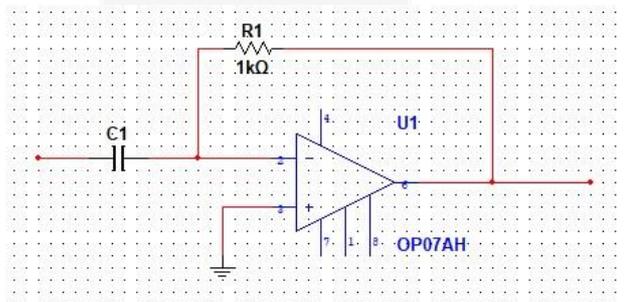


Gambar 3.1 Sensor Kapasitif

### 3.3 Perancangan Penguat *Inverting*

Penguat *inverting* merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memperkuat dan membalikkan polaritas sinyal masukan[9]. Penguat *inverting* dibuat untuk mengukur nilai sensor kapasitif.

Gambar 3.2 merupakan rangkaian *inverting* yang digunakan untuk pengujian. Rangkaian ini memiliki besar jumlah penguatan sesuai dengan frekuensi yang digunakan, yaitu 200 Hz. Sensor kapasitif dihubungkan ke penguat *inverting* dengan menggunakan resistor  $R_1$  bernilai 1 k $\Omega$ . Penguat yang digunakan yaitu OP07 yang akan dihubungkan ke sensor kapasitif dan akan dialiri tegangan AC sebesar 2 V<sub>p-p</sub> melalui kaki op-amp negative (-) dan *output* nya akan bernilai positif (+).



Gambar 3.2 Rangkaian Penguat *Inverting*

### 3.4 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitansi dari sampel kayu. Hal pertama yang dilakukan adalah merancang sensor kapasitif menggunakan 2 plat tembaga dengan ketebalan 0,04 cm dengan ukuran 10 x 5 x 0,4 cm. Plat tembaga ditempelkan pada akrilik agar tidak bergeser. Plat tembaga akan diberikan dua kabel penghubung yang akan tersambung ke penguat dan *function generator*. Lalu membuat penguat *inverting*. Penguat ini dirangkai menggunakan 1 resistor yaitu 1 k $\Omega$  dan OP07. Penguat disambungkan ke sensor kapasitif dan mengukur tegangan keluaran di kaki OP07. Selanjutnya melakukan perhitungan kapasitansi dari hasil pengukuran sensor kapasitif. Memberikan tegangan 2 V<sub>p-p</sub> atau 0,707 V<sub>rms</sub> dan frekuensi 200 Hz ke salah satu kaki sensor kapasitif dan mengukur tegangan keluaran di kaki OP07. Selanjutnya melakukan perhitungan kapasitansi dari hasil pengukuran sensor kapasitif. Perhitungan kapasitansi ini sebelum objek disisipkan pada sensor kapasitif. Menyiapkan sampel uji berupa 20 sampel kayu. Sebelumnya sampel sudah disiapkan berupa kayu kering angin. Sampel kayu disisipkan pada kedua plat tembaga dan sensor kapasitif diberi tegangan. Melihat nilai tegangan keluaran dari masing-masing sampel dan dikonversi menjadi nilai kapasitansi menggunakan rumus dari persamaan regresi. Melakukan perhitungan *error*.

### 3.5 Pengolahan Data dan Analisis

Pada penelitian ini penulis mencari nilai kapasitansi yang diolah dari hasil tegangan keluaran sensor kapasitif yang sudah diisi oleh berbagai sampel kayu. Untuk pengukuran tegangan keluaran diberikan input 2 Vp-p atau 0,707 Vrms dan frekuensi 200 Hz menggunakan *function generator* tipe RIGOL DG1D180400416 dan hasil tegangan keluaran dilihat dari *digital oscilloscope* tipe RIGOL DS1ET192505594.

## 4. Pembahasan

### 4.1 Pengujian Variasi Frekuensi dan Variasi Kapasitor *Fix* dari Penguat *Inverting*

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pada frekuensi berapakah rangkaian dengan variasi kapasitor *fix* dapat memberikan respon yang baik terhadap tegangan *output*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan variasi frekuensi dan variasi kapasitor. Variasi frekuensi yang diberikan yaitu 200 Hz, 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz, dan 1 kHz serta variasi kapasitor yang digunakan yaitu 1 nF; 2,2 nF; 3,3 nF; 3,9 nF; 4,7 nF; 5,6 nF; 6,8 nF; 10 nF; 15 nF; 18 nF; 22 nF; 33 nF; 39 nF; 47 nF; 68 nF; 82 nF; dan 100 nF dengan *input* yang diberikan 2 Vp-p. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa tegangan *output* ( $V_o$ ) terhadap kapasitor *fix* ( $C_{fix}$ ) mengalami perubahan, semakin besar kapasitor *fix* maka semakin besar pula tegangan *output* yang dihasilkan pada setiap frekuensi. Dengan menggunakan regresi linear maka didapatkan persamaan  $y(x)$  atau  $V_o(C_{fix})$  dan besar nilai  $R^2$ .

Pada Gambar 4.1 (a) yaitu frekuensi 200 Hz diperoleh persamaan  $y = 2,56x + 4,04$  dengan  $R^2 = 0,9983$ ; (b) yaitu frekuensi 400 Hz diperoleh persamaan  $y = 5,05x + 3,47$  dengan  $R^2 = 0,9962$ ; (c) yaitu frekuensi 600 Hz diperoleh persamaan  $y = 7,74x + 1,65$  dengan  $R^2 = 0,9971$ ; (d) yaitu frekuensi 800 Hz diperoleh persamaan  $y = 9,76x + 7,70$  dengan  $R^2 = 0,9979$ ; dan (e) yaitu frekuensi 1 kHz diperoleh persamaan  $y = 12,73x + 2,19$  dengan  $R^2 = 0,9976$ .

$R^2$  disebut dengan koefisien determinasi, yaitu mengukur kesesuaian dari persamaan regresi. Nilai  $R^2$  terletak antara 0 – 1 dan jika nilai  $R^2$  mendekati 1 berarti semakin baik. Nilai  $R^2$  paling besar yaitu pada frekuensi 200 Hz sebesar 0,9983. Maka frekuensi 200 Hz akan digunakan sebagai frekuensi tetap untuk pengambilan data selanjutnya menggunakan sensor kapasitif dan objek. Dengan persamaan regresi nya sebagai berikut:

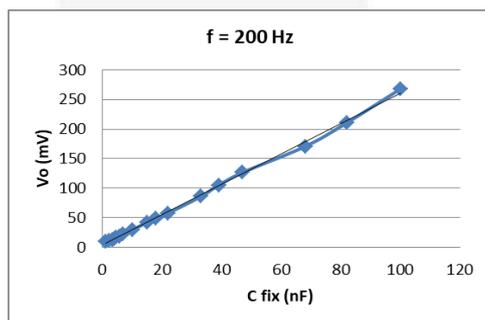
$$y = 2,56x + 4,04 \quad (4.1)$$

Atau

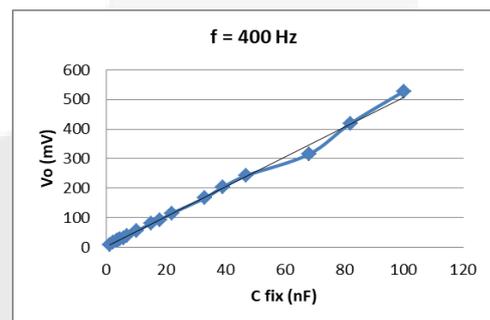
$$V_o = 2,56C + 4,04 \quad (4.2)$$

Maka,

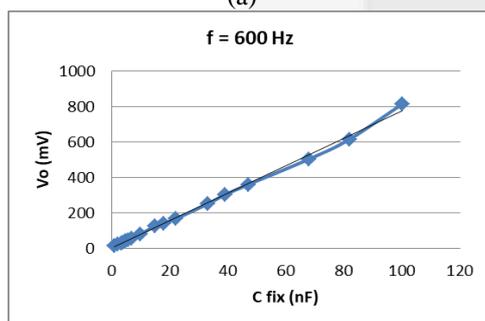
$$C = \frac{V_o - 4,04}{2,56} \quad (4.3)$$



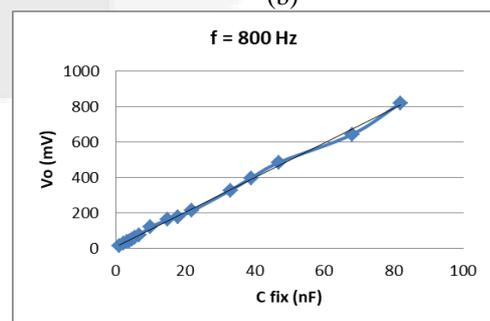
(a)



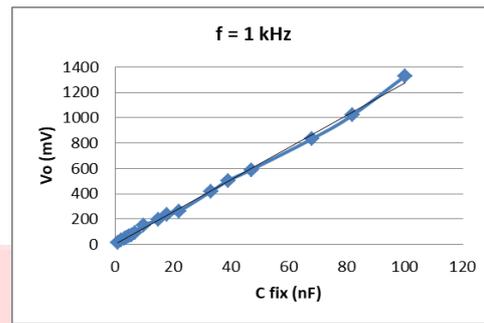
(b)



(c)



(d)



(e)

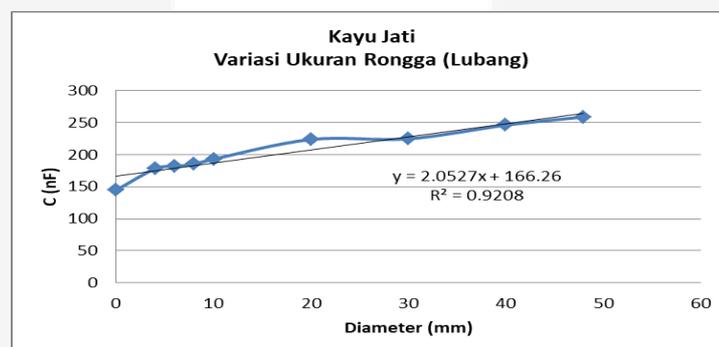
Gambar 4.1. Grafik  $V_o$  terhadap  $C_{fix}$  dengan variasi frekuensi (a) Frekuensi 200 Hz, (b) Frekuensi 400 Hz, (c) Frekuensi 600 Hz, (d) Frekuensi 800 Hz, (e) Frekuensi 1 kHz

## 4.2 Pengujian Sensor Kapasitif dengan Objek Kayu Jati

### 4.2.1 Variasi Ukuran Rongga (Lubang)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan rangkaian *inverting* yang disambungkan ke sensor kapasitif yang diberi objek. Sensor kapasitif diberi tegangan sebesar  $2 V_{p-p}$  atau  $0,7071 V_{rms}$  dan frekuensi sebesar 200 Hz. Objek yang digunakan yaitu kayu jati. Kayu jati yang digunakan diberi rongga (lubang) dengan variasi diameter. Variasi diameter yang digunakan yaitu tanpa rongga (lubang), 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 20 mm.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin besar rongga (lubang) pada objek kayu jati maka semakin besar pula kapasitansi yang dihasilkan. Pada objek kayu jati tanpa rongga (lubang) nilai kapasitansi 144,70 nF; diameter 4 mm nilai kapasitansi 178,28 nF; diameter 6 mm nilai kapasitansi 181,66 nF; diameter 8 mm nilai kapasitansi 185,31 nF; diameter 10 mm nilai kapasitansi 193,12 nF; diameter 20 mm nilai kapasitansi 223,83 nF; diameter 30 mm nilai kapasitansi 224,87 nF; diameter 40 mm nilai kapasitansi 246,21 nF; dan diameter *full* nilai kapasitansi 259,10 nF. Untuk mendapatkan nilai kapasitansi dengan memasukkan nilai  $V_o$  ke dalam persamaan (4.3).



Gambar 4.2. Kapasitansi untuk Kayu Jati Variasi Ukuran Rongga

Sensor kapasitif tersusun dari dua buah plat tembaga yang disusun sejajar atau disusun seri. Apabila dua plat tembaga diberi beda potensial ( $V$ ) maka akan muncul medan listrik ( $E$ ) diantara kedua plat tembaga. Jika  $E = \frac{V}{d}$ , maka  $E$  akan berbanding lurus dengan  $V$  sehingga nilai  $V$  semakin besar maka nilai  $E$  juga akan semakin besar.

Persamaan (2.2) merupakan persamaan kapasitansi jika disisipi dengan bahan dielektrik, sedangkan persamaan kapasitansi yang tidak disisipi dengan bahan dielektrik yaitu  $C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ . Saat sensor tidak disisipi dengan bahan dielektrik hanya ada pengaruh dari permitivitas ruang hampa ( $\epsilon_0$ ), sedangkan pada saat sensor disisipi dengan bahan dielektrik akan ada pengaruh dari permitivitas ruang hampa ( $\epsilon_0$ ) dan juga permitivitas relatif bahan dielektrik ( $\epsilon_r$ ) yang besarnya tergantung pada jenis bahan dielektrik, untuk kayu  $\epsilon_r = 2 - 6$  sehingga mengakibatkan nilai  $\epsilon$  menjadi besar dan nilai  $C$  juga menjadi lebih besar.

Kayu yang digunakan sebagai objek uji diberi cacat berupa rongga (lubang) yang divariasikan ukuran dan posisinya. Berdasarkan hasil pengujian, semakin besar ukuran rongga (lubang) maka semakin besar pula nilai kapasitansinya. Rongga (lubang) berpengaruh terhadap medan listrik ( $E$ ). Jika kayu tidak diberi rongga (lubang) maka  $E$  akan terhambat dari plat satu ke plat kedua dan nilai kapasitansi akan kecil, sedangkan kayu yang diberi rongga (lubang) nilai  $E$  tidak terlalu terhambat dari plat satu ke plat kedua karena terdapat celah dari rongga (lubang) tersebut dan nilai kapasitansi dapat lebih besar.

#### 4.2.2 Variasi Posisi Rongga (Lubang) dengan Diameter 8 mm

Pengujian selanjutnya dengan memvariasikan posisi rongga (lubang) dengan diameter tetap pada setiap sampel uji yaitu 8 mm. Variasi posisi rongga (lubang) yang digunakan yaitu pada atas tengah, atas kanan, tengah tengah, dan tengah kanan. Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian untuk variasi posisi, nilai kapasitansi yang dihasilkan pada setiap posisi berbeda-beda. Nilai kapasitansi terbesar pada saat kayu diberi rongga ((lubang) di posisi atas tengah, yaitu 187,91 nF dan nilai kapasitansi terkecil pada saat kayu diberi rongga (lubang) di posisi tengah kanan yaitu 179,06 nF.



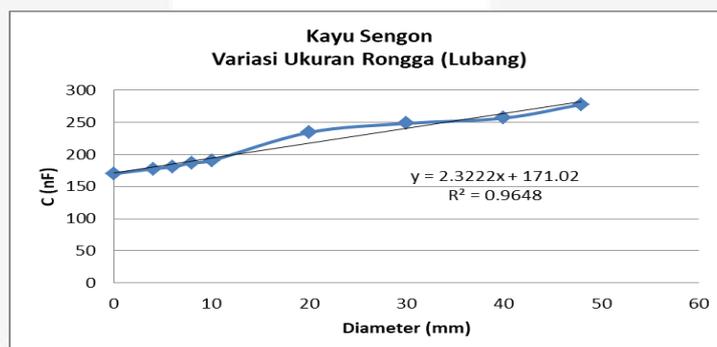
Gambar 4.5 Kapasitansi untuk Kayu Jati Variasi Posisi Rongga (Lubang)

#### 4.3 Pengujian Sensor Kapasitif dengan Objek Kayu Sengon

##### 4.3.1 Variasi Ukuran Rongga (Lubang)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan rangkaian *inverting* yang disambungkan ke sensor kapasitif yang diberi objek. Sensor kapasitif diberi tegangan sebesar 2 V<sub>p-p</sub> atau 0,7071 V<sub>rms</sub> dan frekuensi sebesar 200 Hz.. Objek yang digunakan yaitu kayu sengon. Kayu sengon yang digunakan diberi rongga (lubang) dengan variasi diameter. Variasi diameter yang digunakan yaitu tanpa rongga (lubang), 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 20 mm.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin besar rongga (lubang) pada objek kayu sengon maka semakin besar pula kapasitansi yang dihasilkan. Pada objek kayu sengon tanpa rongga (lubang) nilai kapasitansi 170,21 nF; diameter 4 mm nilai kapasitansi 177,76 nF; diameter 6 mm nilai kapasitansi 180,88 nF; diameter 8 mm nilai kapasitansi 187,13 nF; diameter 10 mm nilai kapasitansi 190,51 nF; diameter 20 mm nilai kapasitansi 234,50 nF; diameter 30 mm nilai kapasitansi 248,56 nF; diameter 40 mm nilai kapasitansi 256,89 nF; dan diameter *full* nilai kapasitansi 278,23 nF.

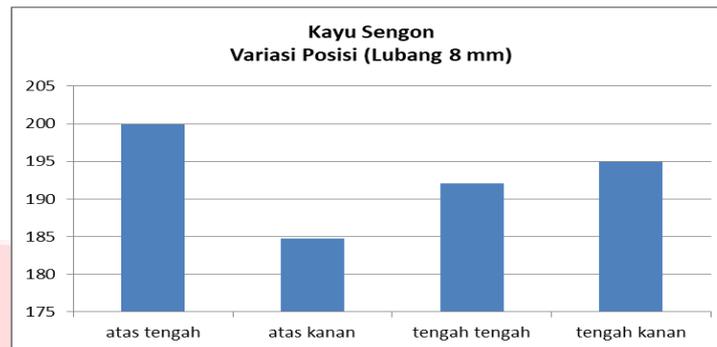


Gambar 4.6 Kapasitansi untuk Kayu Sengon Variasi Ukuran Rongga (Lubang)

##### 4.3.2 Variasi Posisi Rongga (Lubang) dengan Diameter 8 mm

Pengujian selanjutnya dengan memvariasikan posisi rongga (lubang) dengan diameter tetap pada setiap sampel uji yaitu 8 mm. Variasi posisi rongga (lubang) yang digunakan yaitu pada atas tengah, atas kanan, tengah tengah, dan tengah kanan.

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian untuk variasi posisi, nilai kapasitansi terbesar pada saat kayu diberi rongga ((lubang) di posisi atas tengah, yaitu 199,88 nF dan nilai kapasitansi terkecil pada saat kayu diberi rongga (lubang) di posisi atas kanan yaitu 184,79 nF.



Gambar 4.7 Kapasitansi untuk Kayu Sengon Variasi Posisi Rongga (Lubang)

## 5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, variasi ukuran rongga (lubang) pada kayu mempengaruhi nilai kapasitansi. Pada kayu jati, dari ukuran diameter rongga 0 mm (tanpa lubang) sampai dengan 48 mm didapatkan perubahan 114,40 nF dengan *error* 19,80%, sedangkan pada kayu sengon didapatkan perubahan 108,02 nF dengan *error* 29,77%. Semakin besar ukuran rongga (lubang) maka semakin besar pula kapasitansi yang dihasilkan. Pada penelitian variasi posisi rongga (lubang) pada kayu didapatkan hasil bahwa variasi posisi rongga (lubang) tidak banyak mempengaruhi nilai kapasitansi karena perubahannya sangat sedikit. Pada kayu jati, nilai kapasitansi terbesar pada posisi atas tengah yaitu 187,91 nF dan nilai kapasitansi terkecil pada posisi tengah kanan yaitu 179,06 nF dengan *error* 36,66%. Sedangkan pada kayu sengon, nilai kapasitansi terbesar pada posisi atas tengah yaitu 199,88 nF dan nilai kapasitansi terkecil pada posisi atas kanan yaitu 184,79 nF dengan *error* 33,51%. Dari kedua jenis kayu tersebut didapatkan nilai kapasitansi terbesar pada posisi atas tengah. Sensor kapasitif layak digunakan untuk pengujian variasi ukuran rongga (lubang) pada kayu berdasarkan nilai kapasitansi karena terdapat perubahan yang terlihat tetapi dalam skala nano farad. Sedangkan untuk pengujian variasi posisi rongga (lubang), sensor kapasitif tidak layak untuk digunakan karena perubahan nilai kapasitansi yang sedikit.

Saran untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya diperbaiki dan dikembangkan kembali perancangan sensor kapasitif. Objek kayu yang digunakan dengan memperbanyak jenis kayu agar mendapatkan data yang lebih banyak dan dapat dibedakan antara satu jenis kayu dengan jenis kayu lainnya. Keadaan yang diteliti tidak hanya keadaan kayu kering, tetapi dapat juga diteliti dalam keadaan kayu basah dan kayu oven. Tidak hanya ukuran diameter rongga (lubang) dengan bentuk lingkaran yang diuji tetapi dapat juga membuat variasi bentuk rongga (lubang), misalnya bentuk segitiga, jajar genjang, segi enam, dan lain-lain. Rangkaian penguat *inverting* dapat dikembangkan dan parameter elektrik lainnya yang diteliti dapat ditambahkan.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Soerianegara, I. dan RHMJ. Lemmens (eds.). 2002. Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 5(1): Pohon penghasil kayu perdagangan yang utama. PROSEA – Balai Pustaka. Jakarta. ISBN 979-666-308-2. Hal. 7
- [2] Martawijaya, A. 1994. Keawetan kayu, Alih ilmu pengetahuan dan teknologi pengujian kayu lapis dan kayu olahan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Bogor – Indonesia.
- [3] Muhammad Panji Kusuma Praja, Ratri dwi Atmaja dan Suci Aulia. 2015. Implementasi Sistem Pendeteksi Cacat Pada Kayu Menggunakan Metode Gabor Wavelet Transform. Bandung: Universitas Telkom.
- [4] Zeny Firdha Hadiarin, “Kuantifikasi Jenis Kayu Berdasarkan Sifat Elektrik,” Bandung, 2017.
- [5] Sifat Fisik Mekanika Kayu, [Online]. Available: [http://atmaja.staff.umy.ac.id/files/2015/02/A\\_Sifat-Fisik-Mekanika-Kayu.pdf](http://atmaja.staff.umy.ac.id/files/2015/02/A_Sifat-Fisik-Mekanika-Kayu.pdf)
- [6] Haygreen, J.G dan Jim L. Bowyer, 1993. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. terjemahan Sutipto A. Hadikusumo. Gajah Mada Univresity Press. Yogyakarta.
- [7] Deskripsi Jati, [Online]. Available: <https://aimarusciencemania.files.wordpress.com/2011/12/deskripsi-jati-allx.pdf>
- [8] Krisnawati, “Paraserianthes falcata (L.) Nielsen,” 2011. [Online]. Available: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/books/bkrisnawati1109.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/books/bkrisnawati1109.pdf)
- [9] Darmawan, Dudi. 2010. Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet. Bandung, Indonesia.
- [10] Elektronika Dasar, “Pengertian Penguat Inverting,” 2012. [Online]. Available: <http://elektronika-dasar.web.id/karakteristik-penguat-membalik-inverting-amplifier/>. [Accessed 20 Desember 2016].