

KUANTIFIKASI JENIS KAYU BERDASARKAN SIFAT ELEKTRIK

QUANTIFICATION THE TYPES OF WOOD BASED ELECTRICAL PROPERTIES

Zeny Firdha Hadiarin¹, Dudi Darmawan², Ahmad Qurthobi³

^{1,2,3}, Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹zenyfirdha@gmail.com, ²dudidw@gmail.com, ³qurthobi@gmail.com

Abstrak

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor kapasitif bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrum sensor kapasitif. Pada penelitian ini dikaji penerapan sensor kapasitif untuk menentukan kapasitansi, permitivitas dan permitivitas relatif dari objek berbagai jenis kayu untuk kayu kering angin, kayu oven, dan kayu basah. Untuk keperluan pengukuran dengan menggunakan *inverting amplifier*, *rectifier*, dan mikrokontroler arduino uno untuk menentukan tegangan output dari objek kayu. Tegangan optimum yang digunakan 1.767 Vrms dan frekuensi optimum 10 kHz. Perubahan nilai permitivitas relatif yang paling besar pada kayu basah 4.19233E+06, kayu kering angin 1.68138E+06 dan kayu oven 7.65629E+05.

Kata kunci : sensor kapasitif, *inverting amplifier*, *rectifier*, mikrokontroler arduino uno

Abstract

Capacitive sensor is a tool to sense electrical parameter value based on capacitive concept. Capacitive sensor works based on electric charge changes loaded in electrodes of the sensor as caused by electrode's distance changes, surface changes, and dielectric volume changes. In this research, application of capacitive sensor is analyzed to determine capacitance, permittivity, and relative permittivity of several woods in several conditions. Conditions of analyzed woods were wet, dry, and oven-heated. Inverting amplifier, rectifier, and microcontroller are used to measure output voltage of the object. Optimum voltage and frequency configuration used to measure were 1.767 Vrms and 10 kHz. Most significant changes of relative permittivity found in wet woods was 4.19233E+06, 1.68138E+06 for dry woods, and 7.65629E+05 for heated woods.

Keynote : *Capacitive Sensor, inverting amplifier, rectifier, microcontroller Arduino Uno*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil kayu dengan jumlah hutan yang sangat besar serta berbagai jenis pohon yang hidup didalamnya. Terdapat tidak kurang dari 4.000 jenis pohon yang ada di hutan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan sudah menyimpan contoh kayu dari lebih kurang 3.233 jenis pohon yang tercakup dalam 785 marga dari 106 suku [1]. Hasil produksi hutan Indonesia merupakan produk unggulan komparatif terhadap negara-negara lain dan sebagian dari hasil produksi produk hutan diekspor ke negara lain dan produk kayu merupakan penghasil devisa nomor satu dari sektor non impor.

Mengingat banyaknya jenis kayu yang memiliki kesamaan ciri sehingga sulit untuk mengidentifikasi jenis kayu dengan akurat. Keakuratan dalam mengidentifikasi jenis kayu sangat berpengaruh dalam menentukan fungsinya. Karena itu pengenalan jenis kayu yang akurat dan praktis sangat penting untuk dikembangkan.

Metode pengenalan jenis kayu yang selama ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis kayu adalah dengan mengetahui ciri umum dan ciri anatomi [2]. Ciri umum adalah ciri yang dapat diamati langsung dengan pancaindra, baik dengan penglihatan, penciuman, perabaan, dan sebagainya tanpa bantuan alat-alat pembesar bayangan. Ciri umum tersebut meliputi warna, corak, tekstur, arah serat, kilap, kesan raba, bau dan kekerasan kayu. Ciri anatomi meliputi susunan, bentuk dan ukuran sel atau jaringan penyusun yang hanya dapat diamati secara jelas dengan mikroskop atau bantuan lup berkekuatan pembesaran minimal sepuluh kali [2].

Mengidentifikasi jenis kayu dengan mengetahui ciri umum dan ciri anatomi sangat membutuhkan pengalaman dalam hal identifikasi kayu, karena banyaknya jenis kayu dan banyaknya ciri yang harus diingat [3]. Hingga saat ini jumlah pakar dalam hal ini masih sangat terbatas. Dengan jumlah pakar yang sangat terbatas tersebut, maka kegiatan identifikasi kayu sering mengalami hambatan, karena harus mendatangkan pakar ke lokasi atau mengirimkan sampel ke lokasi pakar.

Selain dengan mengetahui ciri umum dan ciri anatomi perlu cara lain untuk mengidentifikasi jenis kayu seperti ciri fisik dengan melihat sifat elektrik suatu bahan. Metode *Non-destructive Testing* (NDT) diharapkan

dapat digunakan untuk menentukan jenis objek berdasarkan sifat elektriknya. *Non-destructive Testing* didefinisikan sebagai metode untuk mengidentifikasi sifat fisis dan mekanis bahan tanpa menimbulkan kerusakan yang dapat mengubah kemampuan pemanfaatan akhir dari bahan tersebut [4]. Secara umum *Non-destructive Non-destructive Testing* didefinisikan sebagai metode untuk mengidentifikasi sifat fisis dan mekanis bahan tanpa menimbulkan kerusakan yang dapat mengubah kemampuan pemanfaatan akhir dari bahan tersebut. *Testing* mencakup inspeksi visual, *liquid penetrant*, elektrik, ultrasonik, magnetik, *X-ray*, dan lain sebagainya.

Dari semua sifat kayu yang ada, reaksi kayu terhadap arus listrik khususnya terhadap kayu-kayu di Indonesia masih relatif jarang diteliti. Padahal dari sifat listrik dapat dijadikan sebuah patokan untuk menentukan jenis kayu. Oleh karena itu penulis perlu melakukan penelitian ini untuk dijadikan objek tugas akhir. Harapan dari penelitian ini yaitu untuk melihat kemungkinan adanya sifat elektrik pada kayu dan juga mempermudah masyarakat untuk mendapatkan parameter elektrik yang dapat digunakan untuk menentukan jenis kayu.

2. Metodologi

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: 1) pembuatan beberapa sampel kayu; 2) pembuatan sensor kapasitif rangkaian pengkondisi; 3) pengujian sensor dan rangkaian pengkondisi 3) pengukuran dan pengambilan data; 4) pengolahan dan analisis data.

2.1 Sampel Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa sampel kayu yaitu kayu keras dan kayu lunak. Jenis kayu yang dipakai yaitu kayu jati, borneo, kamper banjar, mahoni, rasamala dan albasia. Kayu yang digunakan adalah kayu yang umurnya sudah siap untuk dipanen. Ukuran sampel yang diuji untuk pengukuran kapasitansi berbentuk persegi yaitu 10 x 10 x 5 cm.

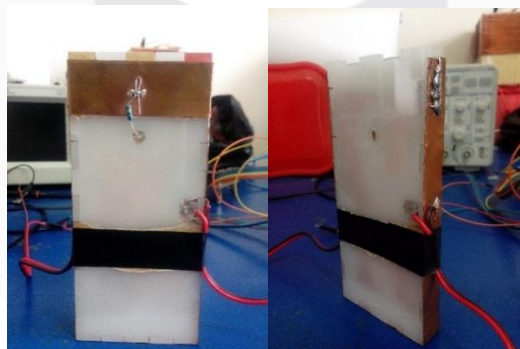
Pengujian dibuat menjadi 18 sampel kayu yang terdiri dari 6 jenis kayu yang berbeda. Dari 1 jenis kayu dibuat menjadi 3 sampel yaitu kayu oven, kayu kering angin dan kayu basah. Mengetahui apakah sampel terdapat kadar air atau tidak diketahui dengan menimbang kayu dengan timbangan digital.

- Kayu Basah : Kayu yang kadar airnya cukup banyak.
- Kayu Kering Angin: Kayu dengan kondisi mengalami kering udara. Diletakan dalam suhu ruangan yaitu 20° C - 25° C.
- Kayu Oven : Kayu dengan kondisi mengalami kering sepenuhnya. Dengan tujuan mengurangi kadar air dalam kayu. Diletakan dalam oven dengan suhu 180° C selama 18 menit.

Untuk mengetahui kadar air kayu dengan cara menggunakan sampel kayu mangga yang sudah didiamkan selama 2 bulan (kayu kering angin) dan kayu mangga yang baru ditebang (kayu basah). Ukuran sampel yang digunakan sama dengan ukuran sampel yang akan diuji, yaitu 10 x 10 x 0,5 cm. Kadar air sampel kayu mangga basah adalah 38 gr, dan kadar air kayu kering angin adalah 25 gr. Dengan demikian sampel kayu mangga mengalami pengurangan kadar air yaitu sebesar 13 gr atau 34,21%.

2.2 Perancangan Sensor Kapasitif

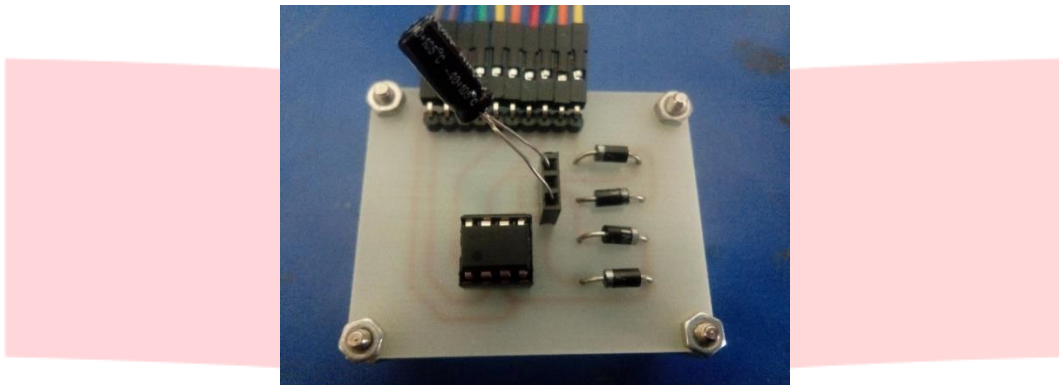
Sensor kapasitif menggunakan prinsip kapasitif yang dirancang dengan bentuk kapasitor plat sejajar (gambar 3.2), adapun dimensi sensor yang dirancang adalah dengan menggunakan dua plat tembaga yang disusun sejajar dengan lebar 5 cm, tinggi 10 cm dan jarak 0,5 cm. Masing-masing plat tembaga dirancang menempel pada objek kayu dengan dimensi yang sama dengan objek kayu.



Gambar 2. Sensor Kapasitif

2.3 Perancangan Penguat *Inverting*

Penguat *inverting* digunakan untuk mengukur nilai sensor kapasitif. Dalam sistem ini digunakan rangkaian *inverting* dengan jumlah penguatan yang dapat disesuaikan dengan frekuensi yang digunakan.



Gambar 3. *Inverting Amplifier*

Penguat *inverting* akan disambungkan ke sensor kapasitif dengan menggunakan kapasitor acuan yaitu menggunakan kapasitor 10 mikro farad dan menggunakan sensor kapasitif yang telah dibuat sebelumnya yaitu menggunakan 2 plat tembaga. Penguat juga menggunakan OP07. Penguat akan disambungkan ke sensor kapasitif dan akan dialiri tegangan AC sebesar 5 Vp-p melalui kaki op-amp (-) dan keluarannya akan berniali (+) dengan frekuensi 1 kHz.

2.4 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai permitivitas dari sampel kayu. hal pertama yang dilakukan adalah membuat sensor kapasitif menggunakan 2 plat tembaga dengan ketebalan 0,04 cm dengan ukuran 10 x 10 x 5 cm. PCB akan ditempelkan pada *acrylic* agar plat tembaga tidak bergeser. Plat tembaga akan diberikan dua kabel penghubung, yang akan tersambung ke penguat, multimeter dan *function generator*. Lalu membuat penguat *inverting*. Penguat ini dirangkai menggunakan 1 kapasitor acuan yaitu 10 μF dan menggunakan OP 07. Penguat disambungkan ke kapasitor plat sejajar. Memberikan tegangan sebesar 5 Vpp atau 1.767 Vrms dan frekuensi 10 kHz ke salah satu kaki sensor kapasitif. Dan mengukur tegangan keluaran di kaki OP 07. Selanjutnya melakukan perhitungan kapasitansi dari hasil pengukuran sensor kapasitif. Perhitungan kapasitansi ini sebelum objek disisipkan pada sensor kapasitif. Menyiapkan sampel uji berupa 18 sampel kayu. Sebelumnya sampel sudah disiapkan berupa kayu basah, kayu kering angin, dan kayu oven. Sampel kayu disisipkan pada kedua plat tembaga dan sensor kapasitif diberi tegangan. Menghitung nilai kapasitansi hasil dari pengukuran sensor kapasitansi yang sudah dipisahkan oleh sampel. Dihitung menggunakan rumus penguat *inverting*. Setelah mendapatkan nilai kapasitansi, maka nilai permitivitas sampel dapat dicari menggunakan rumus permitivitas. Melakukan perhitungan statistika karena kemungkinan adanya error dari alat pengukuran. Membuat tabel pengukuran kapasitansi dari sampel yang sudah diketahui jenisnya. Mengambil sampel acak yang tidak diketahui jenisnya. Mengukur kapasitansi, menghitung permitivitas bahan dan membandingkan dengan data yang sudah didapatkan. Menganalisis hasil yang didapat dengan membandingkan tabel permitivitas dengan permitivitas sampel acak.

2.5 Pengolahan dan Analisis Data

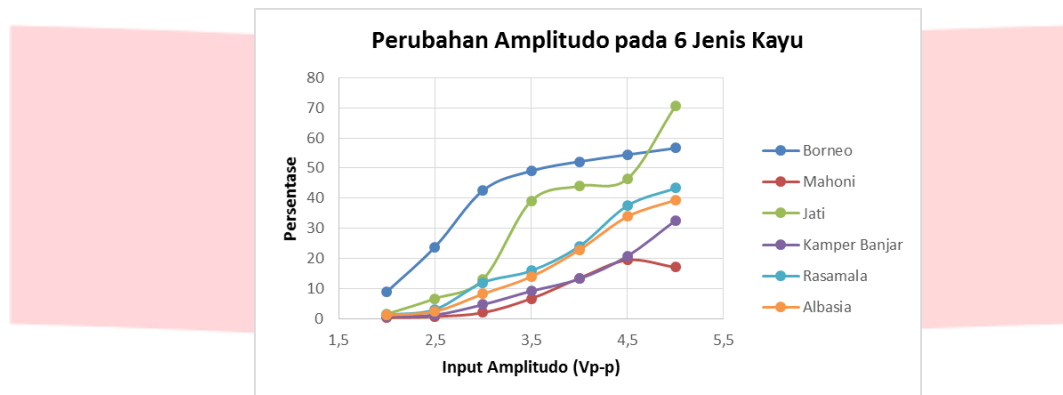
Pada penelitian ini penulis mencari nilai kapasitansi dan permitivitas yang diolah dari hasil tegangan output sensor kapasitif yang sudah diisi oleh berbagai sampel kayu. Untuk pengukuran tegangan *output* diberikan input 5 Vp-p atau 1.767 Vrms dan frekuensi 10 kHz menggunakan *function generator* tipe RIGOL DG1022 dan hasil *output* dilihat dari *digital oscilloscope* tipe RIGOL DS1102E.

3. Pembahasan

3.1 Pengujian Amplitudo Optimal

Pengujian ini dilakukan dengan menyambungkan sensor kapasitif dan rangkaian penguat, penyearah, mikrokontroler dan LCD. Hasil dari pengujian variasi amplitudo berupa tegangan yang akan diolah oleh rangkaian dan arduino dan hasilnya dapat dilihat di LCD. Rangkaian kondisi diberikan frekuensi sebesar 1 kHz dan inputnya merupakan variasi amplitudo. Variasi amplitudo yang diberikan dilihat dari hasil yang dihasilkan oleh sensor yang sudah berisi bahan sampel. Pada saat sensor diberi amplitudo sebesar 1 Vp-p atau 0.353 Vrms sensor tidak mengalami perubahan tegangan, dan pada saat sensor diberi amplitudo sebesar 5.5 Vp-p atau 1.944 Vrms sensor juga tidak mengalami perubahan tegangan. Oleh sebab itu variasi amplitudo yang diberikan yaitu dengan *range* 2 Vp-p atau 0.707 Vrms sampai dengan 5 Vp-p atau 1.767 Vrms dengan dilakukan percobaan

sebanyak 5 kali pada setiap amplitudo. Variasi amplitudo yang diberikan yaitu sebesar 2 Vp-p, 2.5 Vp-p, 3 Vp-p, 3.5 Vp-p, 4 Vp-p, 4.5 Vp-p dan 5 Vp-p yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan pada setiap sampel. Pengujian variasi amplitudo dilakukan ke sampel kering, yaitu 6 sampel kayu kering. Hasil dari perubahan variasi amplitudo terhadap sensor dengan bahan sampel kayu kering yaitu sebagai berikut:

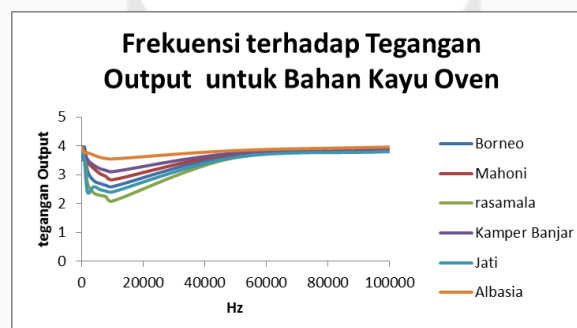


Gambar 4. Grafik Persentase Perubahan Tegangan Output terhadap Input Amplitudo pada 6 Jenis Kayu

Pada gambar 4 menunjukkan pada setiap sensor yang berisi bahan kayu mengalami perubahan tegangan setiap kenaikan 0,5 Vp-p. Namun pada sampel kayu jenis mahoni pada kenaikan 4,5 Vp-p ke 5 Vp-p mengalami penurunan persentase. Tegangan *output* yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan kayu yang disisipkan pada sensor kapasitif. Sebelum pengujian sensor yang diberi bahan pengujian sensor kosong yang diuji terlebih dahulu, dan hasil dari sensor kosong yaitu tegangan sebesar 3,9679. Amplitudo yang paling sesuai adalah amplitudo yang persentasenya paling kecil, karena hasil tegangan pada sensor yang berisi bahan jauh lebih kecil dari tegangan pada sensor kosong. Persentase nilai tegangan paling besar ketika tegangan input bernilai 5 Vp-p atau setara dengan 1.767 Vrms pada bahan (a) yaitu kayu borneo menghasilkan persentase sebesar 56,62587 %, bahan (b) yaitu kayu mahoni menghasilkan persentase sebesar 17,03218 %, bahan (c) yaitu kayu jati menghasilkan persentase sebesar 70,72023 %, bahan (d) yaitu kayu kamper banjar menghasilkan persentase sebesar 32,62456 %, bahan (e) yaitu kayu rasamala menghasilkan persentase sebesar 43,32614 %, dan pada kayu (f) yaitu kayu alabasia menghasilkan persentase sebesar 39,37826%. Dari enam bahan perubahan persentase mendekati linier akan tetapi pada bahan kayu mahoni mengalami penurunan. Kadar air kayu mempengaruhi tegangan *output* sensor yang berisi bahan.

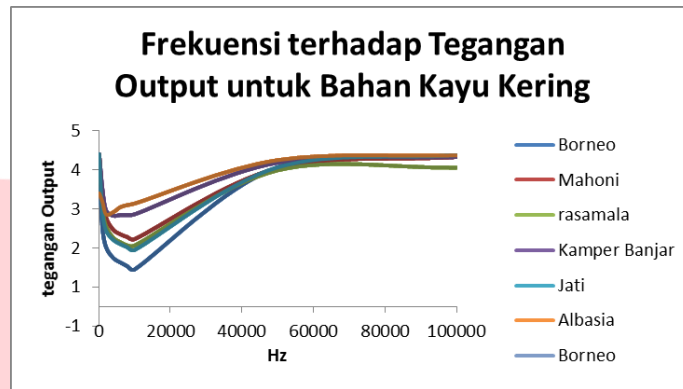
3.2 Pengujian Frekuensi Optimal pada Sensor Kapasitif

Pengujian frekuensi diperlukan untuk mengetahui apakah sensor dapat membaca respon dari objek dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memakai tegangan DC dengan nilai amplitudo yang sudah diuji sebelumnya yaitu sebesar 5 Vp-p atau 1.767 Vrms dengan variasi 9 nilai frekuensi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu 0.1 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz, 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz. Berikut ini adalah grafik pengaruh nilai frekuensi terhadap perubahan tegangan *output* yang terbaca oleh sensor kapasitif ketika diberi 6 bahan sampel kayu.



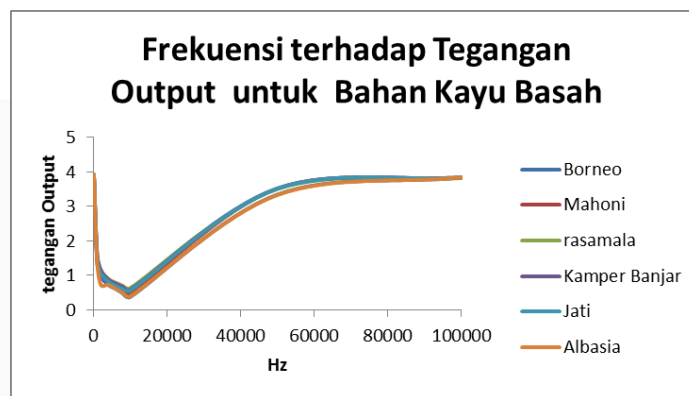
Gambar 5. Perubahan Frekuensi terhadap Tegangan Output untuk Bahan Kayu Oven

Pada gambar 5 perubahan frekuensi dapat mempengaruhi besar tegangan pada sensor kapasitif. Terlihat pada grafik 5 bahwa semua jenis kayu mengalami penurunan tegangan pada frekuensi 1 kHz sampai 10 kHz, pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz sampel mengalami kenaikan kembali. Pada frekuensi 10 kHz semua sampel mengalami penurunan dengan diberi *input* 1.767 Vrms.



Gambar 6. Perubahan Frekuensi terhadap Tegangan Output untuk Bahan Kayu Kering

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai tegangan saat diberi 6 bahan kayu mengalami perubahan. Terlihat pada grafik bahwa semua jenis kayu mengalami penurunan tegangan pada frekuensi 1 kHz sampai 10 kHz, pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz sampel mengalami kenaikan kembali. Pada frekuensi 10 kHz semua sampel mengalami penurunan dengan diberi *input* 1.767 Vrms. Penurunan yang paling terlihat jika diberi frekuensi 10 kHz adalah sampel kayu kering jenis borneo dengan dan paling kecil penurunannya adalah kayu kering dengan jenis kamper banjar dan albasia.



Gambar 7. Perubahan Frekuensi terhadap Tegangan Output untuk Bahan Kayu Basah

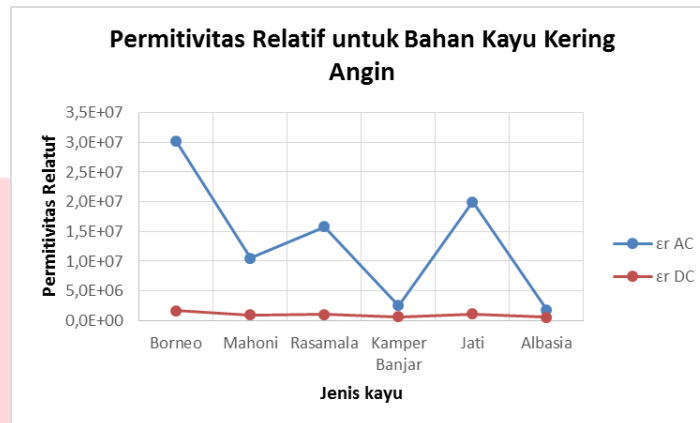
Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai tegangan saat diberi 6 bahan kayu mengalami perubahan. Terlihat pada grafik bahwa semua jenis kayu mengalami penurunan tegangan pada frekuensi 1 kHz sampai 10 kHz, pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz sampel mengalami kenaikan kembali. Pada frekuensi 10 kHz semua sampel mengalami penurunan dengan diberi *input* 1.767 Vrms. Pada grafik menunjukkan penurunan tegangan semua sampel hampir sama.

Berdasarkan hasil yang diperoleh sampel kayu oven, kayu kering dan kayu basah menunjukkan bahwa semua sampel mengalami penurunan tegangan dari frekuensi 1 kHz sampai 10 kHz dan sampel mengalami kenaikan tegangan kembali pada frekuensi 50 kHz sampai 100 kHz. Pada pengujian sebelumnya yaitu pengujian amplitudo optimal memberikan hasil bahwa objek diberikan 10 kHz dengan amplitudo 5 Vp-p atau 1.767 Vrms objek akan memberikan hasil yang optimal pada sensor. Dengan demikian frekuensi yang paling sesuai adalah pada frekuensi 10 kHz.

3.2 Hasil Uji Sensor Kapasitif dengan Berbagai Objek Kayu

3.2.1 Pengujian Sensor Kapasitif dengan Objek Kayu Kering Angin

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis bahan kayu kering yang akan diukur dengan menggunakan sensor kapasitif dan mendapatkan nilai kapasitansi bahan, permitifitas bahan dan permitifitas relatif. Bahan kayu kering diletakan di dalam sensor kapasitif, kemudian diberi tegangan 5 Vp-p atau 1.767 rms dan frekuensi 10 kHz. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil perhitungan permitivitas dari sensor kapasitif dengan objek kayu kering adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Permittivitas Relatif AC dan Permittivitas Relatif DC untuk Bahan Kayu Kering

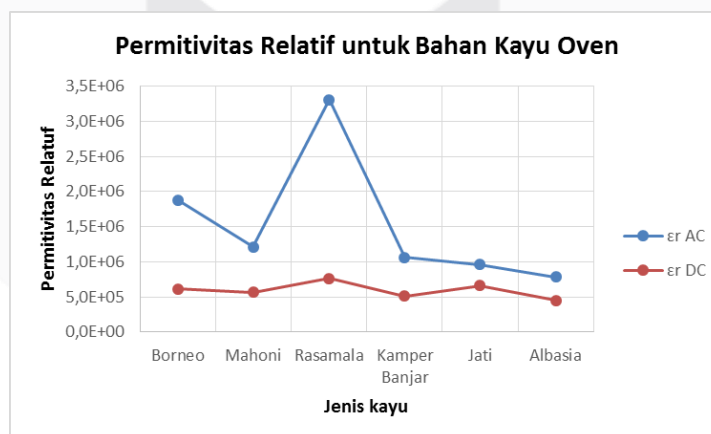
Dari gambar diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan permittivitas dan permittivitas relatif AC lebih besar dari permittivitas dan permittivitas relatif DC. Permittivitas dan permittivitas relatif DC yang dihasilkan dari bahan kayu kering yang paling besar adalah bahan kayu kering jenis borneo, jati, rasamala, mahoni, kamper banjar dan albasia. Perhitungan permittivitas dilakukan dengan cara kapasitansi bahan dikali jarak sensor dan dikali dengan luas permukaan sensor. Perhitungan permittivitas relatif dilakukan dengan cara kapasitansi dibagi oleh permittivitas ruang hampa. Kayu kering yang paling besar perubahan nilai permittivitasnya yaitu borneo dengan nilai $14.8869E-06 \frac{F}{m}$ dan nilai permittivitas relatif sebesar $16.8138E+05$ dan yang paling kecil perubahannya yaitu bahan kayu kering dengan jenis albasia dengan nilai sebesar $4.97727E-06 \frac{F}{m}$ dengan permittivitas relatif sebesar $4.49719E+05$. Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitansi, permittivitas dan permittivitas relatif bahan kayu kering angin.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kapasitansi, Permittivitas dan Permittivitas Relatif DC Bahan Kayu Kering Angin

Jenis	Cs Bahan (F)	ϵ Bahan (F/m)	ϵ_r Bahan
Borneo	1,86086187E-05	1,48868950E-05	1,68137508E+06
Mahoni	1,02298385E-05	8,18387078E-06	9,24313393E+05
Rasamala	1,13122027E-05	9,04976217E-06	1,02211003E+06
Kamper Banjar	7,47436635E-06	5,97949308E-06	6,75343695E+05
Jati	1,21842742E-05	9,74741937E-06	1,10090573E+06
Albasia	6,69026750E-06	5,35221400E-06	6,04496724E+05

3.2.2 Pengujian Sensor Kapasitif dengan Bahan Kayu Oven

Pengujian sensor kapasitif ini dilakukan dengan menyisipkan bahan kayu oven kedalam sensor kapasitif. Sama seperti percobaan sebelumnya yaitu pengujian sensor kapasitif dengan bahan kayu kering, pengujian dengan bahan kayu oven juga menggunakan tegangan sebesar $5 V_{p-p}$ atau $1.767 V_{rms}$ dengan frekuensi 10 kHz. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali. Berikut merupakan gambar perhitungan permittivitas dari sensor kapasitif dengan bahan kayu oven



Gambar 5. Permittivitas Relatif AC dan Permittivitas Relatif DC untuk Bahan Kayu Oven

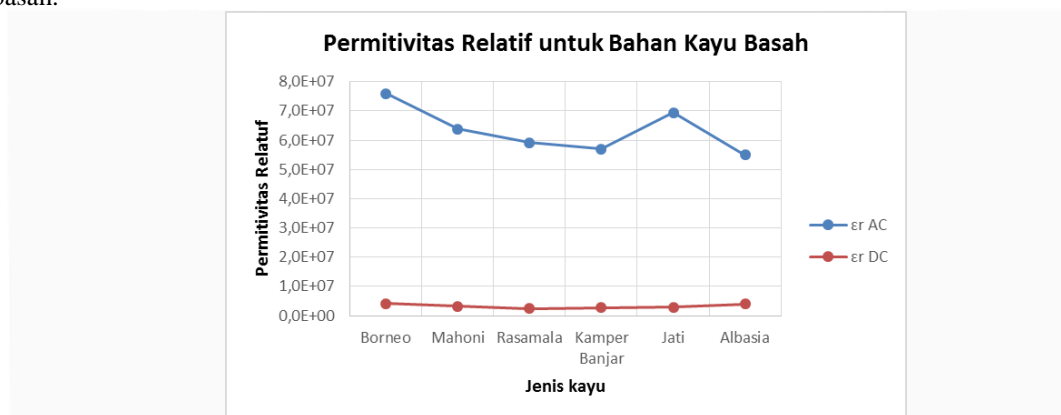
Pada gambar 4.13 dan 4.14 menunjukkan bahwa permitivitas dan permitivitas relatif AC lebih besar dari pada permitivitas dan permitivitas relatif DC. Permitivitas dan permitivitas relatif DC bahan kayu oven yang paling besar perubannya yaitu pada bahan rasamala, jati, borneo, mahoni, kamper banjar dan albasia. Permitivitas bahan kayu oven yang paling besar perubannya yaitu bahan kayu oven jenis rasamala dengan nilai sebesar $6.77888E-06 \frac{F}{m}$ dengan nilai permitivitas relatif sebesar $7.65629E+05$ dan bahan yang paling kecil perubannya nilai permitivitasnya yaitu kayu albasia dengan nilai sebesar $3.98181E-06 \frac{F}{m}$ dengan nilai permitivitas relatif sebesar $4.49719E+05$. Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitansi, permitivitas dan permitivitas relatif bahan kayu oven.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kapasitansi, Permitivitas dan Permitivitas Relatif DC Bahan Kayu Oven

Jenis	Cs Bahan (F)	ϵ Bahan (F/m)	ϵ_r Bahan
Borneo	6,82851048E-06	5,46280838E-06	6,16987620E+05
Mahoni	6,25190175E-06	5,00152140E-06	5,64888345E+05
Rasamala	8,47360092E-06	6,77888074E-06	7,65629177E+05
Kamper Banjar	5,68569406E-06	4,54855525E-06	5,13728851E+05
Jati	7,35340017E-06	5,88272013E-06	6,64413839E+05
Albasia	4,97726850E-06	3,98181480E-06	4,49719313E+05

3.2.3 Pengujian Sensor Kapasitif dengan Bahan Kayu Basah

Pada pengujian sensor kapasitansi dengan bahan kayu basah masih menggunakan rangkaian penguat *inverting*, *rectifier*, dan arduino untuk menampilkan data ke LCD. Pengujian dilakukan dengan cara menyisipkan kayu basah kedalam sensor kapasitif. Pada pengujian ketiga ini dilakukan dengan memberikan tegangan sebesar 5 Vp-p atau 1.767 Vrms dan frekuensi 10 kHz. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali pada masing-masing sampel kayu basah.



Gambar 4. 1. Permitivitas Relatif AC dan Permitivitas Relatif DC untuk Bahan Kayu Basah

Dari grafik 4.15 dan 4.16 menunjukkan bahwa nilai permitivitas dan permitivitas relatif AC lebih besar dari permitivitas dan permitivitas relatif DC. Permitivitas dan permitivitas relatif DC dari bahan kayu basah paling paling besar perubannya yaitu bahan borneo, albasia, mahoni, jati, kamper banjar dan rasamala. Nilai permitivitas paling besar perubannya yaitu pada bahan borneo dengan nilai sebesar $3.71189E-05 \frac{F}{m}$ dengan nilai permitivitas relatif sebesar $4.19233E+06$ dan permitivitas kayu basah yang paling kecil perubannya yaitu kayu rasamala dengan nilai permitivitas sebesar $2.22668E-05 \frac{F}{m}$ dengan permitivitas relatif sebesar $2.51489E+06$. Berikut merupakan hasil perhitungan kapasitansi, permitivitas dan permitivitas relatif bahan kayu basah.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Kapasitansi, Permitivitas dan Permitivitas Relatif DC Bahan Kayu Basah

Jenis	Cs Bahan (F)	ϵ Bahan (F/m)	ϵ_r Bahan
Borneo	4,63986556E-05	3,71189245E-05	4,19233391E+06
Mahoni	3,62260902E-05	2,89808721E-05	3,27319541E+06
Rasamala	2,78335218E-05	2,22668175E-05	2,51488790E+06
Kamper Banjar	3,02501156E-05	2,42000924E-05	2,73323836E+06
Jati	3,14507947E-05	2,51606358E-05	2,84172530E+06
Albasia	4,46866623E-05	3,57493298E-05	4,03764737E+06

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa semakin besar penurunan tegangan maka kapasitansi akan semakin kecil, semakin kecil nilai kapasitansi maka akan semakin kecil permitivitas, dan semakin kecil nilai permitivitas maka akan semakin besar nilai permitivitas relatif. Dari data ketiga bahan yaitu bahan kayu kering angin, kayu oven dan kayu basah, nilai kapasitansi, permitivitas dan permitivitas relatif yang paling kecil perubahannya yaitu kayu oven, kayu kering angin dan kayu basah. Karena kadar air kayu oven paling sedikit dari pada kayu kering angin dan kayu basah membuat kayu oven paling kecil perubahan nilai kapasitansi dan permitivitas atau dengan kata lain sifat elektrik dari kayu oven adalah resistif atau konduktor yang jelek. Sedangkan kayu basah merupakan sampel kayu paling besar perubahan nilai kapasitansi dan permitivitasnya dikarenakan kayu basah memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 34,21% dari kadar air kayu kering angin. Kayu basah bersifat konduktif karena dapat mengalirkan arus listrik dengan baik yang menjadikan penurunan tegangan yang sangat banyak. Sedangkan kayu kering angin bersifat antara konduktif dan resistif karena dapat mengalirkan arus listrik namun tidak sebesar kayu basah dan tidak sekecil kayu oven.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai kuantifikasi jenis kayu berdasarkan sifat elektrik terdapat beberapa kesimpulan yang diperoleh, diantaranya:

1. Sensor kapasitif sudah mampu membedakan nilai permitivitas terhadap bahan dengan kadar air berbeda.
2. Penambahan dan pengurangan kadar air mempengaruhi nilai permitivitas. Semakin banyak kadar air bahan semakin besar nilai permitivitas.
3. Tegangan optimal yang diberikan pada sensor kapasitif ketika diisi objek adalah 1.767 Vrms.
4. Frekuensi optimal yang diberikan pada sensor kapasitif ketika diisi objek adalah 10 kHz.
5. Nilai permitivitas pada keadaan AC lebih besar dari keadaan DC.
6. Hasil pengujian kayu kering angin, kayu oven dan kayu basah diperoleh data bahwa kayu yang paling tinggi perubahan permitivitas adalah kayu basah, kayu kering angin dan kayu oven.
7. Hasil pengujian kayu oven, kayu kering angin dan kayu basah dengan tegangan 1.767 Vrms dan frekuensi 10 kHz diperoleh data bahwa bahan kayu basah dengan jenis borneo merupakan kayu yang paling besar perubahan nilai permitivitas relatifnya yaitu $4.19233E+06$, bahan kayu kering angin dengan jenis borneo $1.68138E+06$ dan bahan kayu oven dengan jenis rasamala $7.65629E+05$.

5. Daftar Pustaka

- [1] Damayanti, R. dan Mandang, Y.I. 2007. Pedoman Identifikasi Kayu Kurang Dikenal. *Pusat Penelitian Hasil Hutan*. Bogor.
- [2] Mandang, Y.L. dan Pandit, I.K.N. 2002. Seri Manual: Pedoman Identifikasi Jenis Kayu Lapngan. Bogor. PROSEA Indonesia.
- [3] Hartati, Sri. Gasim. dan Damayanti, R. 2007. *Generalized Regression Neural Network* Sebagai Metode untuk Mengenal 15 Jenis Kayu Komersil Indonesia. Departemen Kehutanan. Indonesia.
- [4] Ross, R.J. 1992. *Nondestructive Testing of Wood*. Dalam Prosiding: *Nondestructive Evaluation of Civil Structures and Materials*. Mei 1992. University Colorado Boulder, Colorado. USA.