

## PENENTUAN PARAMETER FISIK ELEKTRIK UNTUK MENENTUKAN KOMPOSISI SEMEN PLESTERAN

### *ELECTRICAL PARAMETER DETERMINATION TO IDENTIFY PLESTERING CEMENT COMPOSITION*

Anita Sukma<sup>1</sup>, Dudi Darmawan<sup>1</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> [Anita.sukma25@gmail.com](mailto:Anita.sukma25@gmail.com), [Dudidw@gmail.com](mailto:Dudidw@gmail.com)

<sup>2</sup> [qurthobi@gmail.com](mailto:qurthobi@gmail.com)

#### Abstrak

Penelitian ini menggunakan penguat inverting untuk mengetahui karakteristik dari semen plesteran dengan kombinasi massa semen. Semen plesteran dibuat dengan tujuh sampel. Perbandingan pasir dan semen 7:11 sampai 7:35. Pengukuran dilakukan dengan mencari nilai tegangan output dari semua sampel yang di konversi ke nilai permitivitas dengan di masukkan ke dalam sensor kapasitif pada penguat inverting. Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Prinsip kapasitif yang dirancang dengan menggunakan kapasitor plat sejajar. Sensor kapasitif dapat menyimpan muatan listrik yang di pengaruhi oleh jarak (d), dan luas penampang. Pada penelitian ini dikaji penerapan sensor kapasitif untuk menentukan permitivitas dari objek bahan semen dengan massa yang berbeda. optimum yang digunakan 2 Vp-p dan frekuensi optimum 10 kHz dengan persentase perubahan  $6.53716 \times 10^{-5}\%$ . Perubahan nilai permitivitas paling besar terjadi pada sampel 7:35

**Kata kunci :** Penguat *inverting*, sensor kapasitif

#### Abstract

*This research used inverting amplifier to discover electrical characteristic of concrete with combinations of cement mass. Concrete was made in 7 sample. Comparison of sand and cement 7:11 until 7:35. Measurement of output voltage was done and converted to capacitance and permittivity value, as capacitive sensor was used. Capacitive sensor is a sensor to detect electrical parameter changes by capacitive theory concept. Capacitive sensor used two face-to-face plated electrodes with empty hole in between. The electric charge loaded to sensor was affected by distance and surface area changes of plates caused by changes of dielectric value of the measured material. In this research, application of capacitive sensor to determine permittivity of concrete with different mass of sand was studied. Optimum voltage and frequency for the measurement is 2 Vp-p and 10 kHz with the biggest permittivity change found in 7:35 sample and percentage voltage change  $6.53716 \times 10^{-5}\%$ .*

**Keynote :** *Inverting operational amplifier, Capacitive sensor*

#### 1 Pendahuluan

Untuk membangun infrastruktur biasanya membutuhkan kerangka besi atau baja agar bangunan yang didirikan kokoh. Selain itu, pembangunan tersebut juga membutuhkan beton perekat atau semen plesteran yang memiliki kualitas baik agar infrastruktur tersebut tidak mudah rusak dan roboh. Beton dapat dikatakan memiliki mutu yang baik apabila tingkat kekuatannya sesuai dengan kebutuhan dan memenuhi syarat kekuatan minimal sesuai SNI ( Standar Nasional Indonesia ) [1]. Bahan penyusun beton meliputi air, semen, agregat kasar dan agregat halus dan bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda [2].

Karena komposisi yang beragam tersebut, perlu dilakukan pengujian untuk menentukan karakteristik campuran dan menyatakannya dalam suatu besaran fisis. Salah satu besaran fisis yang dapat digunakan untuk menentukan komposisi bahan adalah permitivitas bahan yang berhubungan dengan sifat kapasitif. Pemanfaatan permitivitas bahan yang berhubungan dengan sifat kapasitif telah diterapkan pada penelitian sebelumnya, seperti pada penentuan ketinggian cairan [3], degradasi pada minyak goreng [4], pengukuran kapasitansi dan konstanta dielektrik pada cabe merah (*Capsicum annum L.*) giling [4] dan identifikasi sifat dielektrik pisang pada tingkat kematangan berbeda [5].

Pengujian tersebut menggunakan metode Non-Destructive Test (NDT) secara elektrik. Metode elektrik dilakukan dengan menggunakan konsep sensor kapasitif yang terbuat dari dua buah plat sejajar dan yang terhubung dengan op-amp dan kapasitor acuan sehingga menjadi penguat *inverting*. Konsep sensor kapasitif merupakan proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh bahan dielektrik, luas permukaan, dan jarak [6]. Nilai kapasitansi yang di peroleh di konversi menjadi nilai permitivitas ( $\epsilon$ ). Nilai permitivitas ( $\epsilon$ ) tersebut diharapkan dapat mewakili karakteristik dari bahan dengan kombinasi campuran semen yang berbeda.

## 2 Dasar Teori

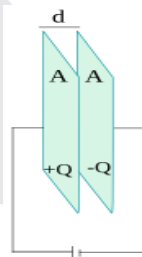
### 2.1 Beton

Beton merupakan campuran semen Portland, air, agregat kasar atau agregat halus serta bahan tambah lain. Semua bahan campuran tersebut digunakan sebagai penyusun beton dengan komposisi tertentu dan memiliki fungsi masing-masing. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan untuk menentukan kualitas karena jika beton memiliki kuat tekan yang baik maka kualitas dari bahan penyusun juga baik [2].

#### 2.2.1 Parameter Elektrik

#### 2.3.1 Kapasitor

Kapasitor terdiri dari dua buah plat sejajar yang memiliki sifat konduktor yang terisolasi dan dapat menyimpan muatan listrik. Kedua permukaan tersebut akan menyimpan muatan sebesar yang diberikan. Muatan akan tetap tersimpan selama kapasitor terisolasi. Muatan akan mengalir dalam siklus tertutup yang disebut sebagai arus [7]. Lihat gambar dibawah 2.1.



Gambar 2.1 Kapasitor Plat Sejajar

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

Nilai jarak ( $d$ ) pada sebuah kapasitor akan mempengaruhi nilai kapasitansi. Jika jarak antara kedua pelat tersebut semakin dekat maka nilai kapasitansi akan semakin besar. Dan jika nilai luas penampang ( $A$ ) semakin besar maka nilai kapasitansi akan semakin besar dengan permitivitas ruang hampa  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$ .

$$C = \epsilon_0 \left( \frac{A}{d} \right) \quad (2.2)$$

#### 2.3.2 Reaktansi Kapasitif

Reaktansi kapasitif memiliki prinsip berdasarkan kapasitor. Jika sebuah kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan AC maka akan ada aliran arus yang mengalir. Pada

rangkaian tegangan AC besar nilai tegangan dibagi dengan arus yang mengalir disebut dengan Impedansi. Reaktansi kapasitif ( $X_c$ ) sering disebut hambatan kapasitor pada tegangan AC. Sehingga dapat di nyatakan dalam satuan Ohm [8].

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.3)$$

### 2.3.3 Permittivitas

Permittivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menerima fluks listrik. Permittivitas yang tinggi akan menunjukkan tingkat polarisasi yang tinggi dalam bahan dielektrik dan menghasilkan lebih banyak fluks listrik untuk menciptakan medan listrik yang berlawanan arah.

Permittivitas relatif atau biasa disebut konstanta dielektrik adalah rasio antara permittivitas dielektrik ( $\epsilon$ ) dan permittivitas ruang hampa ( $\epsilon_0$ ) [9].

$$\epsilon r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.4)$$

Sehingga untuk mencari nilai permittivitas dapat dilihat pada persamaan 2.5.

$$\epsilon = \epsilon r \epsilon_0 \quad (2.5)$$

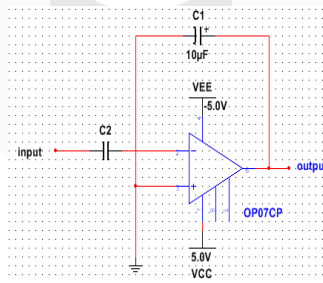
Apabila mengukur nilai kapasitansi menggunakan bahan selain dari bahan dielektrik maka nilai permittivitas hampa  $\epsilon_0$  diganti dengan nilai permittivitas bahan dielektrik  $\epsilon$ .

$$C = \epsilon \left( \frac{A}{d} \right) \quad (2.6)$$

## 2.2 Pengukuran parameter elektrik

### 2.4.1 Pengukuran permittivitas dielektrik

Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Pada penelitian di gunakan bahan dielektrik berwujud padat yaitu semen plesteran. Semen plesteran di ukur dalam keadaan kering. Nilai yang diukur adalah tegangan output yang di conversi ke permittivitas. Sebelum ke permittivitas bahan dibutuhkan nilai Kapasitansi. Pengukuran kapasitansi menggunakan metode penguat inverting.



Gambar 2. 2penguat inverting

Pada gambar 2.2 sensor terhubung dengan Op07 dan capasitor acutor. Nilai *output* yang terbaca adalah adalah nilai tegangan. Dari gambar dapat dituturkan persamaan (2.7).

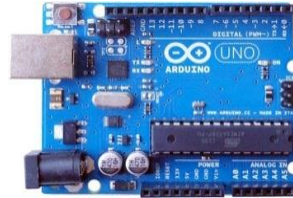
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{j\omega C_1}}{\frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{C_2}{C_1} \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.7) setelah di dapat nilai tegangan dilakukan perbandingan untuk mendapat nilai kapasitansi dari sensor. Nilai kapasitansi yang terukur di substitusi ke persamaan (2.6) untuk mendapat nilai permittivitas ( $\epsilon$ ).

## 2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah perangkat elektronik berupa IC (Integrated Circuit) Mikrokontroler berfungsi mengontrol, manipulasi data dan di program. Komponen didalam suatu mikrokontroler seperti processor, memory, I/O, clock, dan lain-lain.

Penelitian ini menggunakan Arduino Uno R3. Arduino Uno R3 adalah mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input dan output. Dimana 6 pin bisa digunakan sebagai output PWM, 6 pin analog, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset [10].

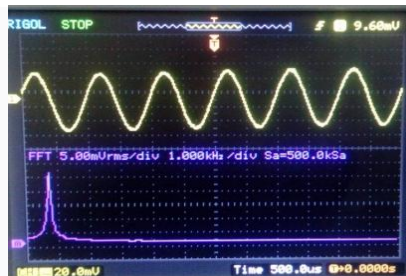


Gambar 2. 3 Board mikrokontroler Arduino Uno R3

## 3 Pembahasan

### 3.1 Pengujian Sensor Kapasitif

Pengujian sensor kapasitif yang diuji adalah sinyal keluaran dari sensor. Sensor kapasitif diberikan input 5vp-p dan frekuensi 1 kHz dari function generator tipe RIGOL DG1022 Function/Arbitrary Waveform dan dilihat sinyal output dengan menggunakan Digital oscilloscope tipe RIGOL DS1102E. Pengujian dilakukan tanpa bahan. Lihat gambar 3.1 sinyal Fast Fourier Transform (FFT) pada sensor kapasitif.



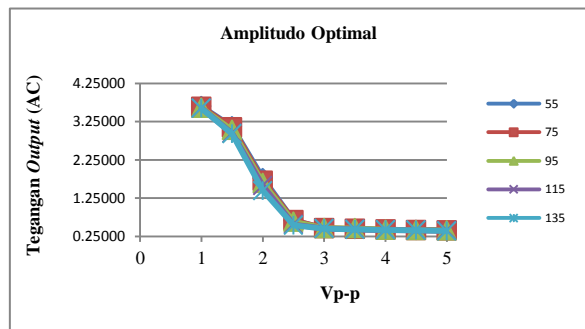
Gambar 3. 1 sinyal sinusoidal dan Fast Fourier Transform (FFT)

Pada gambar 3.1 terlihat sinyal sinusoidal dan Fast Fourier Transform (FFT) dari sensor kapasitif. FFT adalah suatu algoritma yang digunakan untuk mempresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. Fungsi FFT untuk melihat spektrum dari sinyal tersebut. Dalam pengolahan FFT dipengaruhi periode dan frekuensi. Periode yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu gelombang penuh dan ini berlaku pada gelombang yang bersifat tunggal. Frekuensi kebalikan dari waktu. Frekuensi yaitu banyaknya gelombang yang terjadi dalam satu detik. Sehingga waktu dalam satuan second (detik) akan menjadi Hertz (1/second) hanya akan menjadi satu nilai spektrum. Nilai tersebut biasa disebut dengan spektrum frekuensi. Dari 3.1 menunjukkan nilai frekuensi yang di dapat 1 kHz dan hanya memiliki satu nilai spektrum. Karena frekuensi yang diberikan hanya ada satu frekuensi.

### 3.2 Pengujian Amplitudo

#### 3.2.1 Pengujian Amplitudo AC Optimal dari penguat *inverting* dengan bahan

Pengujian tegangan AC dari sensor kapasitif dilakukan untuk melihat respon dari dari sensor kapasitif dengan bahan. Pengujian dilakukan dengan memberikan *input* tegangan yang bervariasi mulai dari 1 – 5 Vp-p dan frekuensi 1 kHz. Berikut grafik tegangan *output* AC terhadap tegangan *input* (Vp-p).

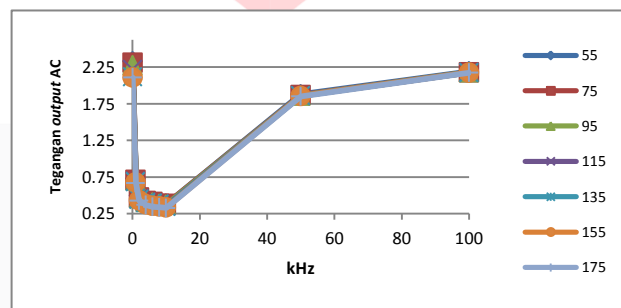


Gambar 3. 2 grafik tegangan output (AC) terhadap input (Vp-p)

Dari gambar 3.2 perubahan tegangan terjadi ketika diberi input 1-2.5 Vp-p untuk lima bahan dengan massa berbeda dan tegangan output akan konstan di tegangan 3-5 Vp-p. Perubahan nilai tegangan paling besar terlihat pada saat tegangan input 2 Vp-p.

### 3.2.2 Pengujian frekuensi terhadap tegangan output dari penguat *inverting* dengan bahan

Pengujian variasi frekuensi dilakukan untuk melihat perubahan tegangan output AC yang keluar dari sensor yang terisi bahan dengan massa berbeda. Variasi frekuensi yang diberikan 0.1 kHz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz dengan tegangan input 2 Vp-p.



Gambar 3. 3 Grafik Perubahan tegangan output (AC) terhadap Frekuensi.

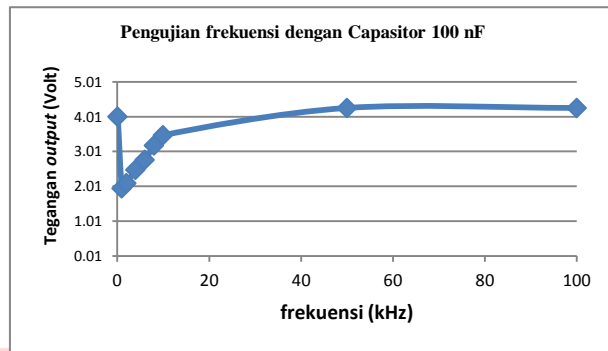
Dari gambar 3.3 menunjukkan bahwa hasil yang di dapat menunjukkan grafik High Pass Filter (HPF). HPF memanfaatkan karakteristik dari komponen kapasitor (C) dan resistor (R). Tegangan AC yang diberikan ke komponen kapasitor akan mengalirkan arus listrik sehingga tegangan AC tersebut mudah di lewatkan sesuai dengan nilai reaktansi kapasitifnya ( $X_c$ ). Komponen R akan mudah melewati sinyal pada frekuensi rendah. Apabila sinyal input yang diberikan melebihi frekuensi cut off ( $\omega_c$ ) maka sinyal tersebut akan dilewatkan melalui komponen C, dan sebaliknya jika sinyal input dibawah frekuensi cut off ( $\omega_c$ ) maka akan dilemahkan dan dibuang ke ground melalui komponen R.

Nilai reaktansi kapasitif dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3. nilai tersebut di hitung pada bahan 55 gram semen pada frekuensi 100 Hz, 10 kHz, dan 100 kHz. Nilai  $X_c$  yang di dapat pada frekuensi 100 Hz yaitu 185,382  $\Omega$ , pada frekuensi 10 kHz di dapat 3.049  $\Omega$ , dan pada frekuensi 100 kHz di dapat 0.174  $\Omega$ . Nilai reaktansi kapasitif ini dipengaruhi oleh frekuensi sinyal sinus. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka nilai reaktansi kapasitif semakin kecil dan sebaliknya jika frekuensi input diberikan kecil nilai reaktansi kapasitif akan semakin besar. Dari gambar 4.3 juga terjadi kenaikan tegangan output pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz. Nilai tegangan output sensor yang di isi bahan sebanding dengan tegangan input.

### 3.2.3 Pengujian frekuensi terhadap tegangan output pada penguat *inverting* sensor kapasitif di ganti dengan kapasitor 100 nF

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian sudah dapat mendeteksi nilai tegangan output yang akan di konversi ke kapasitansi dan permitivitas. Pengujian dilakukan

dengan mengganti sensor kapasitif dengan kapasitor keramik bernilai 100 nF. Selanjutnya diberikan variasi frekuensi untuk melihat tegangan output yang terbaca. Nilai permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) untuk bahan keramik (*Porcelain*) yaitu 4,5-6,7 [11]. Nilai  $\epsilon_r$  akan digunakan untuk mencari permitivitas ( $\epsilon$ ).



Gambar 3. 4 Penguajian Variasi frekuensi terhadap tegangan Output pada Capacitor 100 nF

Dari gambar 3.4 variasi frekuensi mengakibatkan perubahan tegangan output yang berbeda. Pada frekuensi 0.1 kHz nilai tegangan output yang di hasilkan 4.01 V kapasitansi  $1.76309 \times 10^{-06} F$ , frekuensi 1 kHz 1.953 V kapasitansi  $3.62007 \times 10^{-06} F$ , pada frekuensi 2 kHz menghasilkan 2.099 V kapasitansi  $3.36827 \times 10^{-06} F$ , frekuensi 4 kHz menghasilkan 2.482 V kapasitansi  $2.84851 \times 10^{-06} F$ , frekuensi 6 kHz 2.768 V kapasitansi  $2.55604 \times 10^{-06} F$ , frekuensi 8 kHz menghasilkan 3.184 V kapasitansi  $2.22048 \times 10^{-06} F$ , frekuensi 10 kHz menghasilkan 3.480 V kapasitansi  $2.03161 \times 10^{-06} F$ , pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz menghasilkan 4.26 V kapasitansi  $1.65962 \times 10^{-06} F$ . Dari frekuensi 0.1 kHz ke 1 kHz terjadi penurunan tegangan. Namun, dari frekuensi 1 – 10 kHz terjadi kenaikan, dan pada saat diberi frekuensi 50-100 kHz nilai tegangan *output* yang di dapat sama. Dari gambar 3.4 menunjukkan hasil grafik High Pass Filter (HPF). Dimana pada HPF akan melewatkan sinyal yang melebihi frekuensi cut off ( $\omega_c$ ), dan sebaliknya jika sinyal input dibawah frekuensi cut-off ( $\omega_c$ ) maka akan dilemahkan dan dibuang ke ground.

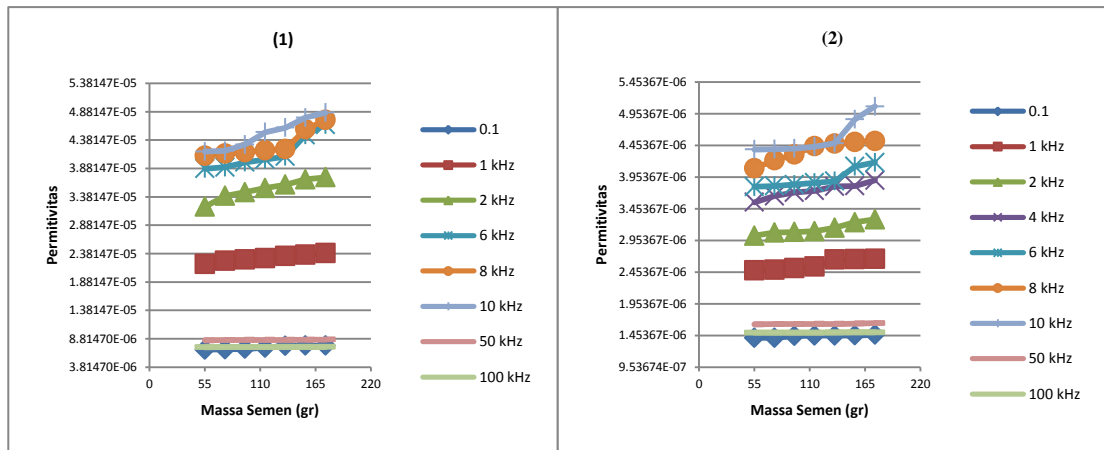
Pada pengujian juga di dapat nilai permitivitas dari kapasitor keramik  $3.9843 \times 10^{-11} F/m$  -  $5.93 \times 10^{-11} F/m$ . Nilai permitivitas di dapat dengan menggunakan persamaan 2.5 dengan  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$ .

### 3.3 Pengujian Variasi Frekuensi

Untuk menentukan respon sensor dengan terisi bahan, maka dilakukan pengujian variasi nilai frekuensi. Nilai variasi frekuensi sebanyak Sembilan frekuensi dan tegangan *input* 2 Vp-p. Pada saat keadaan DC nilai yang digunakan yaitu 0.707 *vrms*. Frekuensi yang digunakan mulai dari 0.1 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz, 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz.

#### 3.3.1 Pengujian variasi frekuensi terhadap sensor dengan bahan

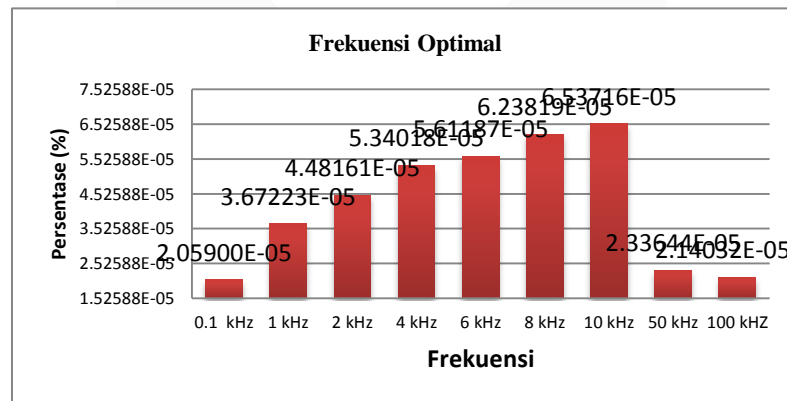
Pengujian variasi frekuensi digunakan untuk melihat perubahan nilai permitivitas yang paling baik dari setiap bahan. Pengujian dilakukan dengan melihat nilai permitivitas pada saat tegangan output AC dan DC.



Gambar 3. 5 (1) Perbandingan nilai permitivitas terhadap massa bahan dalam keadaan AC. (2) Perbandingan nilai permitivitas terhadap massa bahan dalam keadaan DC

Dari gambar 3.5 (1) hasil yang di dapat menunjukkan tren naik pada saat keadan AC dan DC untuk semua sampel. Perubahan nilai permitivitas dipengaruhi oleh pasir konstan 35 gram dan kombinasi massa semen mulai dari 55 gram sampai 175 gram. Semakin besar massa bahan maka nilai permitivitas akan semakin besar. Perubahan permitivitas relatif stabil pada di frekuensi 1 – 10 kHz. Dan terjadi penurunan nilai permitivitas pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz. Permitivitas bahan paling besar terjadi di frekuensi 10 kHz untuk semua sampel. Nilai permitivitas pada saat keadaan AC lebih besar dari ke adaan DC.

### 3.4 Frekuensi Optimal



Gambar 3. 6 Diagram persentase perubahan permitivitas terhadap frekuensi

Berdasarkan gambar 4.9 kenaikan nilai permitivitas berbanding lurus dengan frekuensi yang diberikan. Semakin besar frekuensi semakin besar nilai permitivitas yang dihasilkan. Perubahan permitivitas paling besar dihasilkan oleh frekuensi 10 kHz untuk semua bahan.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor kapasitif sudah mampu membedakan nilai permitivitas terhadap bahan dengan massa berbeda.
2. Nilai tegangan optimal untuk perubahan nilai sensor ketika di isi bahan adalah 2 Vp-p untuk semua sampel.
3. Variasi frekuensi terhadap tegangan *output* pada saat keadaan AC menghasilkan grafik *High Pass Filter* (HPF). Terjadi kenaikan tegangan *output* pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz. Nilai tegangan *output* sensor yang di isi bahan sebanding dengan tegangan *input*.

4. Nilai reaktansi kapasitif ini dipengaruhi oleh frekuensi sinyal sinus. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka nilai reaktansi kapasitif semakin kecil dan sebaliknya jika frekuensi input diberikan kecil nilai reaktansi kapasitif akan semakin besar. Pada frekuensi 100 Hz menghasilkan 185,382  $\Omega$ , frekuensi 10 kHz menghasilkan 3.049  $\Omega$ , dan pada frekuensi 100 kHz menghasilkan 0.174  $\Omega$ .
5. Saat keadaan AC dan DC nilai permitivitas menunjuk tren naik. sampel 1 dengan pasir dan semen 7:11 menghasilkan permitivitas  $4.17755 \times 10^{-05} F/m$ , sampel 2 dengan 7:15 menghasilkan permitivitas  $4.18848 \times 10^{-05} F/m$ , sampel 3 dengan 7:19 menghasilkan permitivitas  $4.30108 \times 10^{-05} F/m$ , sampel 4 dengan 7:23 menghasilkan permitivitas  $4.51977 \times 10^{-05} F/m$ , sampel 5 dengan 7:27 menghasilkan permitivitas  $4.5977 \times 10^{-05} F/m$ , sampel 6 dengan 7:31 menghasilkan permitivitas  $4.77612 \times 10^{-05} F/m$ , dan sampel 7 dengan 7:35 menghasilkan permitivitas  $4.86322 \times 10^{-05} F/m$ .
6. Homogenitas pada saat pengadukan pasir, semen dan air sangat mempengaruhi untuk mendapatkan hasil yang linier.

#### Daftar Pustaka

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton. Jakarta.
- [2] Yusliyantomo. (2012). Quality Control System Beton Struktur Proyek Pembangunan Gedung Pusat Layanan Akademik UNY Berdasarkan RKS. UNY.
- [3] Qurthobi, A., Iskandar, R. F., Krisnatal, A., & Weldzikarvina. (2016, October). Design Of Capacitive Sensor For Water Level Measurement. Journal of Physics: Conference Series, 776(1).
- [4] Khaled, A. Y., Aziz, S. A., & Rokhani, F. Z. (2015). Capacitive Sensor Probe to Assess Frying Oil Degradation. Information Processing in Agriculture, 142-148.
- [5] Adi, B., Sutrisno, B. A., Widodo, C. S., & Saroja, G. (n.d.). Studi Pengukuran Kapasitansi Dan Konstanta Dielektrik. Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya .
- [6] Gulita , N. D., Trihandaru, S., & Shanti, M. R. (n.d.). Identifikasi Sifat Dielektrik Pisang Pada Tingkat Kematangan. Universitas Kristen Satya Wacana.
- [7] Darmawan, Dudi. (2010). In Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet (pp. 131-136). Gunung Kawi.
- [8] Reaktansi Kapasitif. (2017). [Online]. Available : <http://www.nulis-ilmu.com/2015/06/reaktansi-kapasitif.html>. [Accessed : 16 Agustus 2017 ].
- [9] Perbedaan Permitivitas dan Permeabilitas. (2016). [Online]. Available : <http://artikeltop.xyz/perbedaan-permitivitas-dan-permeabilitas.htm>. [Accessed : 20 September 2016].
- [10] Adi Putra, A. (2016). [Online]. Available : <http://www.robotic-id.org/2014/11/mengenal-sekilas-mikrokontroler-arduino.html>. [Accessed : 10 Juli 2017].
- [11] Relative Permittivity & Dielectric Constant. [Online]. Available : <http://www.radio-electronics.com/info/formulae/capacitance/capacitors-dielectric-constant-permittivity.php>. [Accessed : 18 Agustus 2017].