

# **DISAIN PROTOTYPE ALAT UKUR KADAR AIR PADA BIJI-BIJIAN (GABAH, JAGUNG & KEDELAI) MENGGUNAKAN METODE KAPASITIF**

---

---

**Siswoko<sup>1</sup> dan Hariyadi Singgih<sup>2</sup>**

## **Abstrak**

Kadar air pada biji-bijian hasil pertanian sangat penting untuk diketahui para petani, dengan mengetahui batas maksimal kandungan kadar air yang diijinkan, para petani bisa menjual biji-bijian hasil pertanian ke bulog atau koperasi dinas pertanian sesuai standar yang di tetapkan. Untuk itu pada penelitian ini dibuat prototipe alat pengukuran kadar air biji-bijian menggunakan metode sensor kapasitif dengan harga yang terjangkau.

Tujuan penelitian adalah mencari teknologi tepat guna, efektif dan efisien alat ukur kadar air biji-bijian, menggunakan metode sensor kapasitif dan hasil kinerjanya dibandingkan dengan alat ukur standart.

Metode penelitian adalah merancang rangkaian sensing kadar air menggunakan sistem jembatan (wheatstone) dimana salah satu lengan jembatan tersebut digunakan dua-plat sejajar dari bahan tembaga (PCB) sebagai sensing piranti kapasitif, keluaran sensor berupa tegangan DC kemudian diolah oleh mikrokontroler hasilnya ditampilkan melalui perangkat LCD. Bahan uji biji-bijian sebagai pengganti bahan dielektrikum sensor, apabila kandungan air bahan uji berbeda, maka tegangan keluaran juga akan berbeda, tingkat linieritas sensor mencapai 96 %. Hasil penelitian kinerja sensor menggunakan metode kapasitif setelah dikalibrasi secara optimal menggunakan alat ukur referensi standart dihasilkan ketelitian sebesar : 95,7 % (kesalahan sebesar 4,3%).

**Kata-kata kunci:** kadar air, mikrokontroler, kapasitif, biji-bijian hasil pertanian

---

<sup>1,2</sup> *Dosen Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang*

### **Abstract**

*Moisture content in grain crops is very important to know the farmers, by knowing the limits of maximum allowable moisture content, the farmers can sell the grain crop to bulog or cooperative Department of agriculture standard are in the set. For this research created a prototype tool measurement of grain moisture content using the method of capacitive sensor at affordable prices.*

*The purpose of the research is to find appropriate technology, effective and efficient tool to measure the moisture content of the grain, using a capacitive sensor method and the results of its performance compared to standard gauge.*

*Research methods is devising a series of moisture-sensing system using bridges (wheatstone) where one of the arms of the bridge used two-parallel plate of copper material (PCB) as a capacitive sensing device, sensor output voltage DC form is then processed by a microcontroller, the results are displayed through the LCD device. Material test of grain as a substitute ingredient dielektrikum sensor, if the moisture content of the test material is different, then the output voltage will also be different, linieritas level sensor reach 96%.*

*The results of research using the method of capacitive sensor performance once the calibrated measuring instrument using optimal reference standards produced by: 95.7% precision. ( error :4,3 %).*

**Keywords:** *moisture content, microcontroller, capacitive, grain crops*

## **1. PENDAHULUAN**

Alat pengukur kandungan kadar air biji-bijian hasil pertanian (gabah, jagung, kedelai dll) menjadi sangat penting, karena biji-bijian dengan kualitas tinggi (baik) harus memenuhi tingkat kadar air sesuai standar yang ada, jika biji tidak pada tingkat kadar air tersebut akan mempengaruhi harga dan kualitas. Perdagangan dan penyimpanan merupakan dua aspek tujuan dari penanganan biji-bijian hasil pertanian. Salah satu faktor kualitas yang diperhatikan dalam penanganan pasca panen biji-bijian yaitu kandungan kadar air bahan. Dalam perdagangan, rata-rata kadar air dalam tumpukan biji-bijian, berpengaruh pada harga jual beli bahan. Pada penyimpanan biji-bijian, kadar air menentukan masa simpan, dan ketahanan biji-bijian terhadap tumbuhnya jamur dan kerusakan. Haki Laila dkk, 2011. "Alat Pendeteksi Kualitas Biji Kopi Untuk Kopi Papain (Kopi Cita Rasa Kopi Luwak Tanpa

Menggunakan Luwak) Dengan Metode Pengukuran Nilai Kapasitansi”, Universitas Lampung dihasilkan ketelitian sebesar : 93 % [4].

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya teknologi bidang elektronika yang berbasis teknologi tepat guna, maka tujuan pada penelitian ini dibuat prototipe alat ukur kandungan / kadar air pada beberapa biji-bijian hasil pertanian seperti : jagung, gabah dan kedelai menggunakan metode kapasitip dengan tingkat kadar air 14%-30%. [4]. Saat ini alat yang ada untuk mengukur kandungan kadar air pada biji-bijian masih di produksi luar negeri dengan harga yang relatif mahal.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat kurang dari 100 persen [7].

Kadar air merupakan pemegang peranan penting selain temperatur maka aktivitas air mempunyai peranan tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses *mikrobiologis*, *kimiawi*, *enzimatik* atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut [2] . Air bebas dapat dengan mudah hilang apabila terjadi penguapan atau pengeringan, sedangkan air terikat sulit dibebaskan dengan cara tersebut [7]. Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100gr bahan disebut kadar air berat basah. Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$M = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100\% \quad \frac{W_m}{W_d} \times 100\% = \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$M$  = Kadar air basis basah (%)

$W_m$  = Berat air dalam bahan (gr)

$W_d$  = berat bahan kering mutlak (gr)

$W_t$  = Berat total =  $W_m + W_d$  (dalam gr) [1].

Cara lain untuk menyatakan kadar air adalah kadar air basis kering yaitu air yang diuapkan dibagi berat bahan setelah pengeringan. Jumlah air yang diuapkan adalah berat bahan sebelum pengeringan dikurangi berat bahan setelah pengeringan dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$M = \frac{W_m}{W_d} \times 100\% = \frac{100m}{100 - m} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$M$  = Kadar air basis kering (%)

$W_d$  = Berat air dalam bahan (gr)

$m$  = Berat bahan kering mutlak (gr)

$w_m$  = Kadar air basis basah (%) [1].

Berat bahan kering adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan. [6]. Nilai kadar air jagung pada proses pasca panen untuk menghasilkan pipilan jagung secara konvensional pada musim hujan di tingkat petani adalah berkisar 15%, penyimpanan sementara jagung dalam karung kadar air 25-35% berpeluang terinfeksi cendawan/jamur[4]. Gabah kering panen (GKP) secara umum mempunyai nilai kadar air 20-27% (basis basah), berdasarkan Standar Nasional Indonesia kualitas gabah, baik kualitas 1 hingga 3 mensyaratkan kadar air gabah 14% basis basah agar dapat disimpan dalam jangka waktu 6 bulan[3]. Kedelai untuk penyimpanan pada rentang kadar air 6-8% akan mengalami perkecambahan pada kadar air 70% dalam 6 bulan.

## 2.2 Metode Fisis

Ada beberapa cara penentuan kadar air secara fisis , antara lain:

a. Berdasarkan tetapan dielektrikum

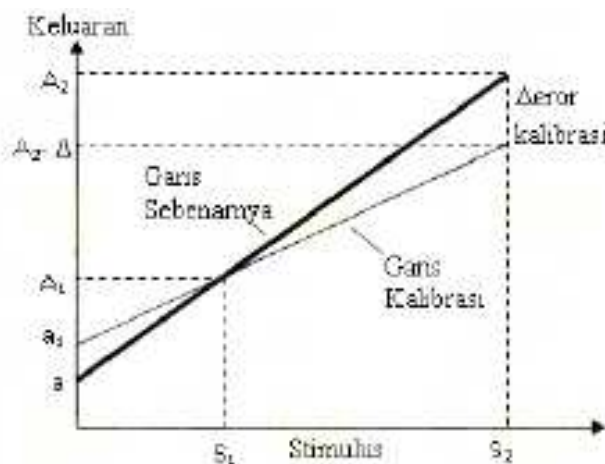
- b. Berdasarkan konduktivitas listrik (daya hantar listrik) atau resistensi
- c. Berdasarkan resonansi nuklir magnetic (*NMR = Nuclear Magnetic resonance* [3]).

### 2.3 Karakteristik Sensor

Karakteristik sensor menunjukkan seberapa baik kinerja sensor dalam mengukur suatu stimulus. Secara umum karakteristik sensor dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik. Karakterisasi sensor dilakukan dengan melihat hubungan antara sinyal keluaran dan sinyal masukan tanpa memperhatikan proses yang terjadi di dalam sensor . Karakteristik statik sensor meliputi fungsi transfer, kalibrasi, jangkauan pengukuran, sensitivitas, dan saturasi. [1].

#### 1. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan penentuan variabel-variabel khusus yang menggambarkan fungsi transfer secara keseluruhan seperti pada Gambar 1. Keseluruhan yang dimaksud meliputi seluruh rangkaian, termasuk sensor, rangkaian antarmuka, dan *analog to digital converter* (ADC). Sebelum melakukan kalibrasi, model matematis dari sensor harus diketahui terlebih dahulu. Suatu sensor dengan model matematis linear, misalnya, dengan dan berturut-turut adalah variabel keluaran dan masukan dan konstanta, maka kalibrasi dilakukan untuk menentukan nilai dari konstanta.



Gambar 1. Grafik Kalibrasi [3].

## 2. Jangkauan Pengukuran (*Span*)

Jangkauan pengukuran merupakan variasi maksimum pada masukan atau keluaran sensor. Jangkauan masukan adalah daerah dimana sensor masih dapat mengubah stimulus yang diberikan kepadanya sedangkan jangkauan pengukuran keluaran merupakan perbedaan antara sinyal keluaran yang diukur pada stimulus maksimum dan minimum.

## 3. *Sensitivitas*

*Sensitivitas* dinyatakan dengan perbandingan perubahan keluaran sensor terhadap perubahan masukannya.

4. ***Saturasi*** : setiap sensor mempunyai batas operasi, termasuk sensor yang mempunyai linieritas tinggi. Sensor mengalami titik saturasi ketika sensor tidak lagi memberikan perubahan keluaran ketika diberikan stimulus. [4].

## 2.4 Dielektrikum

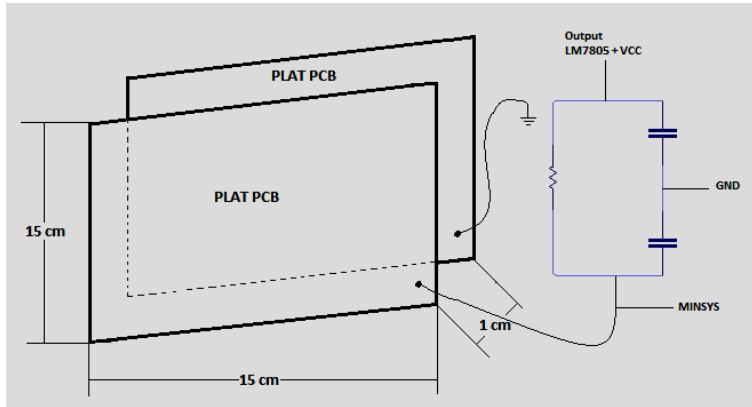
Dielektrikum adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada. Bahan dielektrik dapat berwujud *padat*, *cair* dan *gas*. Tidak seperti konduktor, pada bahan dielektrik tidak terdapat elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik.

Dalam bahan dielektrik, semua elektron-elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan (*lattices*) benda padat, atau dalam hal cairan atau gas, bagian-bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga tiap aliran massa tidak merupakan perpindahan dari muatan. Karena itu, jika suatu dielektrik diberi muatan listrik, muatan ini akan tinggal terlokalisasi di daerah di mana muatan tadi ditempatkan. [4].

## 2.5 Sensor Kapasitif

Sensor kapasitif menggunakan dua plat sejajar dari bahan PCB (*printed circuit board*) yang dipasang sejajar dengan jarak tertentu (Gambar 2) menggunakan metode Jembatan *wheatstone* untuk menghasilkan tegangan dan kapasitansi dengan nilai yang

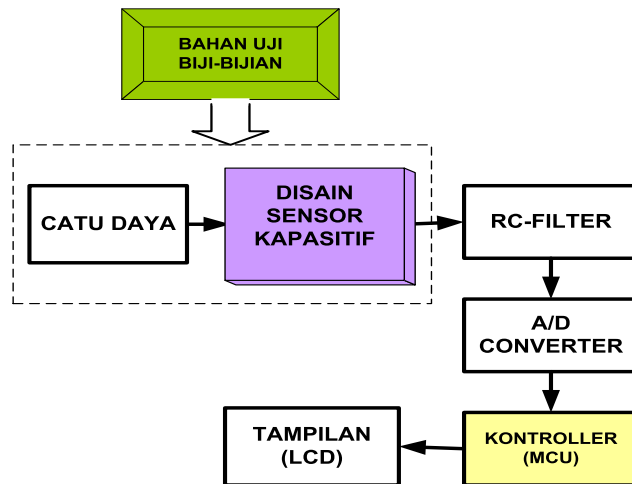
besar agar pengukuran kadar air mendekati nilai yang ada pada alat pembanding/referensi dan tidak mempunyai *error* yang terlalu besar. Bahan dielektrik yang digunakan adalah sebagai bahan uji pengukuran ( kadar air bahan).



Gambar 2. Disain Sensor Kapasitif [3]

### 3. METODE

Diagram blok perancangan sistem ditunjukkan dalam Gambar 3, dengan konsep kerja sebagai berikut :



Gambar 3. Sistem Diagram Blok Rangkaian

Penjelasan diagram sistem Gambar 3, sensor kapasitip dibangun dari dua plat sejajar dari bahan PCB, diantara dua plat sejajar tersebut berfungsi sebagai tempat bahan uji biji-bijian dan diaktifkan dengan catu daya. Catu daya masukan yang digunakan yaitu tegangan dari trafo step-down, dan tegangan keluaran dua plat sejajar sebagai keluaran yang digunakan sebagai masukan

ADC mikrokontroller, setiap bahan dengan nilai kadar air tertentu akan mempunyai perbedaan nilai tegangan karena nilai resistansi bahan juga berbeda, setelah terbaca oleh mikrokontroller akan di tampilkan pada LCD dalam bentuk persen (%).

Metode pengukuran ini dilakukan sekali setelah bahan uji dimasukkan. Gambar 4. menunjukkan rangkaian sensor kapasitip yang dibangun dalam sistem rangkaian Jembatan.

### **3.1 Pengujian Sistem**

#### **a). Peralatan yang Digunakan**

1. Dua plat PCB yang difungsikan sebagai sensor kadar air
2. Multimeter sebagai pengukur tegangan yang ada pada dua plat PCB sejajar.
3. Transformator sebagai tegangan input untuk sensor kadar air
4. Biji-bijian (bahan uji) sebagai dielektrikum kapasitansi.

#### **b). Prosedur Pengujian**

1. Dua plat sejajar disambungkan pada transformator, kemudian diukur menggunakan multimeter apakah ada tegangan keluaran, jika ada tegangan keluaran harus lebih dari 5mV.
2. Kemudian dua plat sejajar diisi dengan biji-bijian dengan tingkat kadar air berbeda, jika tegangan keluaran setiap nilai kadar air berbeda, maka rangkaian sudah bisa digunakan.

Dari hasil pengujian sensor kadar air yang dilakukan menghasilkan perbedaan pengukuran tegangan, yakni ketika sensor dalam keadaan kosong memberikan hasil pengukuran tegangan berbeda dengan kondisi terisi beban (bahan uji). Data visual pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 4, 5 dan 6. Dan Gambar 7 menunjukkan alat ukur pembanding (*referensi*). Data hasil pengujian diberikan dalam Tabel 1.

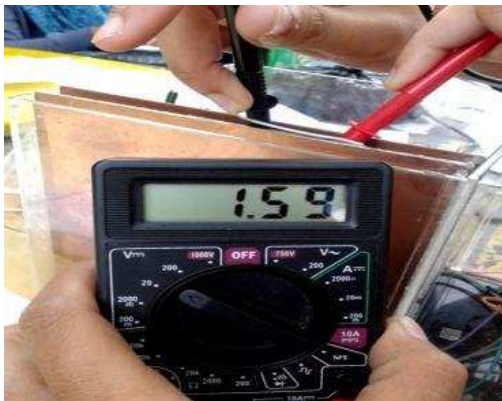




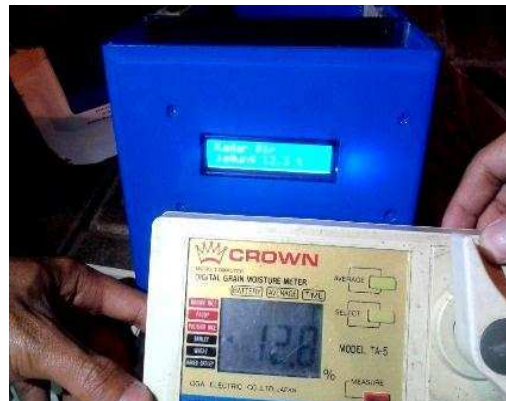
**Gambar 4.** Pengujian Sensor, Tabung dalam Kondisi Kosong



**Gambar 5.** Pengujian Sensor Tabung Terisi Biji



**Gambar 6.** Pengujian Sensor dengan Biji Kadar Air Tinggi







**Gambar 7.** Alat Uji Pembeding Sebagai Referensi

### 3.2 Uji Banding Pengukuran dengan Alat Referensi Grain Moisture Meter TA-5

Hasil Uji banding pengukuran antara alat hasil penelitian dengan alat ukur referensi bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem yang menggunakan sensor kapasitif terhadap alat ukur referensi, seberapa jauh nilai kesalahan (*error*). Data hasil pengukuran uji banding dalam beberapa kondisi sensor diberikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Uji Banding Alat dengan Alat Referensi

No.	Alat yang Dibuat (%)	Alat Referensi (%)	Error (%)	Data Foto Pengujian
1	12.3	12.8	4.06	
2	17.4	18.2	4.5	
3	23.9	24.1	0.8	
4	25.2	27.2	7.9	

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembahasan

Data hasil pengujian tegangan keluaran sensor dalam Gambar 4 dan 5, menunjukkan adanya beda tegangan antara dua kondisi sensor, saat sensor kosong (tidak terisi biji-bijian) tegangan yang terukur pada nilai : **2.59 volt** dan saat diisi dengan biji-bijian tegangan berubah menjadi : **2.07 volt** karena adanya hambatan. Hambatan pada sensor ini akibat adanya biji-bijian yang

difungsikan sebagai dielektrikum. Dapat dijelaskan juga melalui konsep kapasitansi, tegangan keluaran plat konduktor sejajar adalah perbandingan antara muatan listrik pada plat terhadap kapasitansinya ( $V=Q/C$ ), muatan plat ( $Q$ ) tetap, sedangkan kapasitansi ( $C$ ) akan berubah karena adanya dielektrik yaitu biji-bijian. Nilai dielektrik ini akan bertambah besar jika diberi air (kadar air bertambah) sehingga nilai kapasitansi bertambah sejalan dengan kenaikan kadar air tetapi sebaliknya tegangan ( $V$ ) akan menurun. Data hasil pengujian untuk jenis bahan lain (*Jagung, Kedelai dan Gabah*) diberikan dalam Tabel 1. Hasil uji linieritas sensor bisa dilihat juga dalam Tabel 1. Sebagai contoh perhitungan nilai kapasitansi untuk bahan uji *Jagung-1* sebagai berikut :

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{331,8 \times 10^{-12} \text{ F}}{2,5 \text{ V}}$$

$$C = 132,72 \times 10^{-12} \text{ F}$$

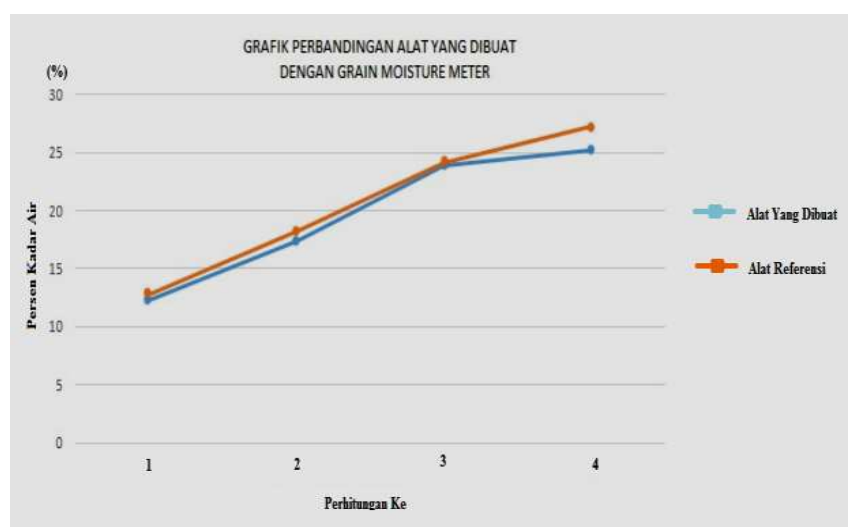
#### 4.2 Data Pengujian Linieritas Sensor

Tabel 2. Data Pengujian Linieritas Sensor

Nama Bahan Uji	Kadar Air (%)	Kapasitansi (Farad)	Vout Sensor (Volt)
<b>Jagung-1</b>	12,6	132,72 x10 <sup>-12</sup>	2,50
<b>Jagung-2</b>	13,1	133,79 x10 <sup>-12</sup>	2,48
<b>Jagung-3</b>	20,2	174,6 x10 <sup>-12</sup>	1,90
<b>Jagung-4</b>	21,7	194 x10 <sup>-12</sup>	1,71
<b>Jagung-5</b>	23,5	228,1 x10 <sup>-12</sup>	1,45
<b>Jagung-6</b>	24,4	238,7 x10 <sup>-12</sup>	1,39
<b>Jagung-7</b>	26,6	338,5 x10 <sup>-12</sup>	0,98
<b>Kedelai</b>	12,6	131,6 x10 <sup>-12</sup>	2,52
<b>Kedelai</b>	17,8	155,7 x10 <sup>-12</sup>	2,13
<b>Kedelai</b>	20,3	171 x10 <sup>-12</sup>	1,94

<b>Gabah</b>	14,2	$233,6 \times 10^{-12}$	1,42
<b>Gabah</b>	16,4	$270,6 \times 10^{-12}$	0,92
<b>Gabah</b>	18,8	$330,2 \times 10^{-12}$	0,50

Hasil uji banding (Tabel 2) dengan alat ukur referensi terdapat kesalahan (*error*), nilai rata-rata kesalahan (*error*) dihitung sebesar 4,3 % ditunjukkan dalam Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Perbandingan Alat yang dibuat dengan Referensi

## 5. PENUTUP

Setelah dilakukan pengujian dan pembahasan, maka hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan sensor kadar air dengan metode kapasitif dua plat sejajar dari bahan PCB dapat digunakan sebagai sensor untuk pengukuran kadar air biji-bijian, dengan tingkat linieritas mencapai 96 %.
2. Hasil pengukuran (%) kadar air dengan metode sensor kapasitif, tampilan yang disajikan melalui LCD masih berupa tegangan, untuk mendapatkan nilai kesetaraan (%) kadar air masih harus melihat tabel hasil perhitungan yang disediakan.
3. Dimana bahan uji biji-bijian sebagai pengganti bahan dielektrikum sensor, apabila kandungan air bahan uji berbeda, maka tegangan keluaran juga akan berbeda.

4. Kontroller yang digunakan adalah piranti MCU type Atmega-16 yang memiliki ADC didalam (*inside*)
5. Hasil penelitian kinerja metode sensor kapasitif memiliki tingkat kesalahan sebesar 4,3%.

Hasil perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini masih banyak kelemahan. Agar tercapai kesempurnaan sistem kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut, maka disarankan :

1. Perluasan varietas biji-bijian yang diukur
2. Penambahan frekuensi agar jangkauan pengukuran yang dilakukan semakin presisi.

Mengembangkan software program agar tampilan dapat langsung membaca nilai (%) kadar air.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Ade suryana, 2005. "*Analisis Hubungan Kadar Air Pada Kayu Dengan Tegangan Listriknya Menggunakan Metode Resistansi Studi Kasus Pada Kayu Mahoni*", Universitas Widyatama Bandung
- [2] Estiasih, T. dan Ahmadi, K. (2009). *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- [3]. Fuch. Anton, Michael J. Moser, H. Zangl, T. Betterklieber. 2009. *Using Capacitive Sensing to Determine The Moisture Content of Wood Pellets-Investigations and Application*. International Journal On Smart Sensing and Intelligent System.
- [4]. Haki Laila dkk, 2011. "*Alat Pendeteksi Kualitas Biji Kopi Untuk Kopi Papain (Kopi Cita Rasa Kopi Luwak Tanpa Menggunakan Luwak) Dengan Metode Pengukuran Nilai Kapasitansi*", Universitas Lampung,
- [5]. Jefri Setia dkk, 2013. "*Rancang Bangun Alat Penampil Informasi Suhu Dan Kelembaban Pada Rumah Anggrek*", Politeknik Negeri Malang,
- [6]. Nanda Akil dkk, 2011. "*Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Serta Pemberian Nutrisi Terjadwal Untuk Pola Cangkok Tanam Hidroponik Berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8535*", Politeknik Negeri Malang,
- [8]. Winoto, Ardi. 2010. "*Mikrokontroller AVR ATMega 8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada Win AVR*", Informatika Bandung.