

Alat Ukur Kadar Air Biji-bijian Secara *Mobile* Berbasis *Internet Of Things* Sebagai Indikator Kualitas Komoditas Barang Dagang

Kholiq Zidane Walid¹, Nini Firmawati^{2*}

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 6 Mei 2025
Direvisi: 13 Juni 2025
Diterima: 2 Juli 2025

Kata kunci:

Biji-bijian
Capacitive Soil Moisture Sensor
Internet of Things
Kadar air

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang alat ukur kadar air biji-bijian *mobile* berbasis *IoT* sebagai indikator kualitas biji kakao, kopi kuning, dan kopi robusta. Kadar air sangat penting dalam menjaga mutu biji karena berpengaruh langsung terhadap kualitas, rasa, aroma, umur simpan, dan keamanan konsumsi. Alat ini menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor* sebagai pendeteksi kadar air dengan cara mengukur perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh perubahan dielektrik. Alat ukur ini terdiri dari *Capacitive Soil Moisture Sensor* sebagai sensor kadar air, *ESP32* sebagai pengolah data hasil ukuran sensor, *LCD* sebagai penampil persentase kadar air, *LED* sebagai indikator tingginya kadar air, dan *Smartphone* sebagai *database* pengukuran melalui *Blynk*. Alat yang telah dibuat diujikan dengan mengukur kadar air 3 jenis sampel biji-bijian yaitu biji kakao, kopi kuning, dan kopi robusta. Tiap sampel terdiri dari 10 variasi kadar air yang telah diukur menggunakan alat pembanding yaitu *Cerra Tester*. Didapatkan hasil pengukuran rata-rata persentase *error* pada kopi kuning sebesar 3,02% , biji kakao sebesar 3,12%, dan kopi robusta sebesar 3,35%. Dari hasil penelitian, alat yang dirancang sesuai dengan yang diharapkan dan berjalan dengan baik.

Keywords:

Grains
Capacitive Soil Moisture Sensor
Internet of Things
Water Content

Penulis Korespondensi:

Nini Firmawati
Email:
ninifirmawati@sci.unand.ac.id

Research has been conducted on a mobile IoT-based moisture content measuring device as an indicator of the quality of cocoa beans, yellow coffee, and robusta coffee. Moisture content is extremely important in maintaining the quality of beans because it directly affects their quality, taste, aroma, shelf life, and safety for consumption. This device uses a Capacitive Soil Moisture Sensor to detect moisture content by measuring changes in capacitance caused by dielectric changes. The moisture measuring device consists of a Capacitive Soil Moisture Sensor as the moisture sensor, an ESP32 as the data processor, an LCD to display the moisture content percentage, an LED as an indicator of high moisture levels, and a Smartphone as a measurement database through Blynk. The device was tested by measuring the moisture content of three types of grain samples: cocoa beans, yellow coffee, and robusta coffee. Each sample consisted of 10 variations of moisture content measured using a comparison tool, the Cerra Tester. The average measurement error percentages were found to be 3.02% for yellow coffee, 3.12% for cocoa beans, and 3.35% for robusta coffee. From the research results, the designed tool is as expected and works well.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal dengan tanahnya yang subur, yang mampu menghasilkan beragam tanaman yang bernilai ekonomis, seperti tanaman-tanaman yang menghasilkan biji-bijian. Berdasarkan laporan Pasar Gabah bulan September 2021, *International Grain Council* (IGC) menyebutkan total produksi biji-bijian Indonesia, termasuk beras, naik dari perkiraan sebelumnya, yakni 12,4 juta ton. Begitu pula dengan produksi salah satu komoditas kacang tanah, ada optimisme terhadap komoditas tersebut, yang mana produksinya tumbuh sekitar 0,74% pada tahun 2020 jika dibandingkan dengan produksi tahun sebelumnya yakni 437 ribu ton (Asih, 2022).

Dengan berlimpahnya komoditas biji-bijian di Indonesia menunjang berkembangnya jumlah distributor komoditas biji-bijian. Pedagang pengumpul atau distributor berperan sebagai distributor produk sampai ke pabrik (Riri et al., 2023). Namun, disinilah timbul permasalahan, dimana kualitas biji-bijian yang dibeli dari masyarakat cenderung memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan standar yang diharapkan para distributor.

Kadar air dalam pangan jenis biji-bijian saat panen biasanya sekitara 25% (Mushollaeni, 2012). Apabila biji-bijian dengan kadar air tinggi tersebut langsung dikarungkan, biji-bijian akan mudah rusak dikarenakan jamur yang tumbuh (Santoso & Waris, 2020), sehingga kualitas biji-bijian memburuk dan nilai jual menurun. Distributor biji-bijian umumnya mendapatkan suplai barang dari masyarakat, khususnya para petani setelah pascapanen. Namun, mayoritas biji-bijian yang didapatkan dari masyarakat memiliki kadar air diatas 20%. Hal mengakibatkan distributor susah untuk menjual kembali biji-bijian ini ke distributor yang lebih besar dikarenakan diperlukannya proses pengeringan terlebih dahulu. Distributor hanya mengetahui bahwa biji-bijian yang sudah kering dengan pengalaman saja. Dengan penurunan kualitas barang dagang yang dibeli, profit yang didapat akan semakin kecil. Sebenarnya banyak alat ukur kadar air biji-bijian yang dijual dipasaran, namun para distributor menganggap bahwa alat tersebut relatif mahal yaitu sekitar satu juta dan tidak sebanding dengan tugasnya yang hanya mengukur kadar air saja.

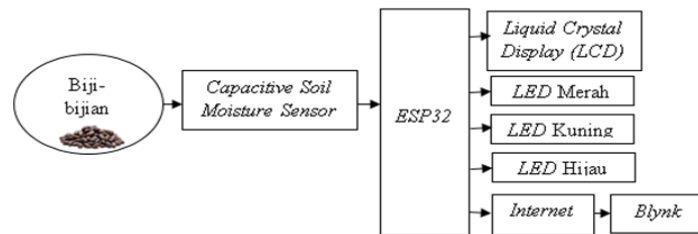
Isnianto dan Lastrada (2011) telah merancang alat ukur kadar air dalam biji kakao berbasis mikrokontroler Atmega-8. Pada penelitian ini alat ukur digunakan menggunakan metode penusukan wadah atau karung yang berisi biji kakao dengan garpu untuk mengukur resistansinya. Alat ukur ini memiliki kelemahan dimana alat garpu atau *Fork Sensor* membutuhkan kalibrasi khusus untuk setiap jenis material dan sering memerlukan kalibrasi ulang untuk akurasi yang konsisten. Aisyah (2017) telah merancang alat ukur kadar air pada biji menggunakan sensor YL-69 berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Alat ini bekerja secara otomatis dengan merespon berapa besar kadar air yang dideteksi oleh sensor. Alat ukur ini memiliki kelemahan dimana YL-69 memiliki akurasi yang terbatas karena dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti salinitas dan suhu. YL-69 tidak bagus untuk digunakan jangka panjang dikarenakan probe sensor cenderung mudah korosi. Alat ini juga belum dirancang untuk bisa digunakan di lapangan. Valentin et al. (2020) telah merancang alat ukur kadar air berbasis Arduino Uno. Peneliti membuat sebuah alat uji kadar air biji kakao dengan implementasi menggunakan sensor Soil Moisture YL-69, diprogram dan dibuat menggunakan Arduino IDE pada mikrokontroler Arduino UNO R3. Alat ukur ini tidak dilengkapi dengan indikator ketinggian kadar air menggunakan LED dan juga tidak memiliki *database*. Alat ini juga masih belum dirancang untuk bisa digunakan dilapangan. sedangkan alat yang dirancang memiliki indikator ketinggian kadar air menggunakan LED serta memiliki *Database*.

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan terhadap penelitian sebelumnya, didapatkan kelemahan umum dimana alat yang telah dirancang peneliti sebelumnya tidak dapat dibawa ke lapangan dikarenakan alat dibuat untuk pengukuran dilakukan dalam ruangan. Berdasarkan permasalahan tersebut, Peneliti merancang teknologi berupa alat ukur kadar air biji-bijian *mobile* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi alat alternatif. Alat ini berfungsi secara *mobile* dimana alat berukuran kecil yaitu (15x9x5) cm sehingga mudah dibawa. Alat ini menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor* sebagai sensor untuk mengukur kadar air pada biji-bijian. Alat yang dirancang akan menampilkan output pengukuran sensor melalui *LCD* dan *Android* sebagai penyimpanan *database*, serta LED sebagai indikator tingginya kadar air biji-bijian. Diharapkan dengan alat ini bisa dijadikan sebagai solusi alat alternatif bagi para pedagang biji-bijian yang tidak mampu untuk membeli alat pendeteksi kadar air biji-bijian.

II. METODE

2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan diagram blok sistem merupakan suatu gambaran dari sistem secara umum dan bagian-bagian dari komponen-komponen dalam sistem yang menggambarkan keterkaitan dan interaksi antar komponen. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

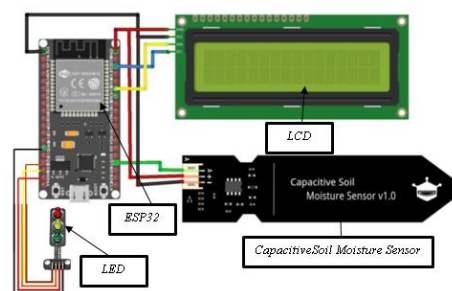


Gambar 1 Diagram blok sistem

Prinsip kerja sistem alat ukur kadar air biji-bijian mobile menggunakan *capacitive soil moisture* sensor berbasis IoT yaitu *capacitive sensor* memiliki sebuah probe yang berfungsi sebagai kapasitor. Saat sensor dialiri arus listrik, arus listrik diteruskan menuju probe, mengakibatkan probe memuat aliran listrik. Saat probe dimasukkan kedalam wadah yang berisi biji-bijian, arus listrik akan dialirkan dari probe menuju biji-bijian pada wadah. Karena biji-bijian yang bersifat dielektrik ini dialiri arus listrik, membuat atom yang menyusun dielektrik menjadi tidak seimbang sehingga muncul muatan-muatan listrik pada bahan tersebut. Tingkat kadar air pada biji-bijian akan mempengaruhi besar hambatan arus listrik pada probe. bahan dielektrik memiliki nilai permitivitas yang berbeda-beda yang membuat nilai kapasitansi menjadi berpengaruh. Semakin tinggi kadar air biji-bijian maka konduktivitasnya semakin baik begitupun sebaliknya (Hasnan, 2017). Nilai yang muncul dari sensor merupakan nilai analog sensor atau nilai ADC, saat sensor mengukur kadar air biji-bijian, mikrokontroler ESP32 akan mengolah data hasil pembacaan sensor (Septiawan et al., 2022). ESP32 kemudian menampilkan hasil pengukuran kadar air melalui LCD I2C serta mengirimkan dan menyimpan data hasil pengukuran kadar air ke Android melalui aplikasi Blynk, setelah hasil pengukuran muncul LED akan hidup sesuai dengan kadar air yang terukur.

2.2 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Keras

Perancangan dan pengujian sistem perangkat keras dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik dari sensor yang digunakan. Perancangan rangkaian *Capacitive sensor* ini membutuhkan *Capacitive soil Moisture Sensor V1.2*, mikrokontroler ESP32, dan LCD. Rangkaian ini berguna untuk mengukur kadar air yang nantinya akan ditampilkan pada LCD. Sensor dihubungkan pada mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk mengkonversi output digital menjadi skala analog (Nandika & Amrina, 2021), lalu dikonversikan dalam persentase kadar air. Setelah persentase kadar air didapatkan, LED akan secara otomatis hidup sesuai warna. Jika kadar air $< 10\%$, LED merah akan menyala. Jika kadar air $> 10\%$ dan $< 15\%$ maka LED warna kuning akan menyala. Jika $> 15\%$ maka LED warna hijau akan menyala. Rangkaian keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 2.



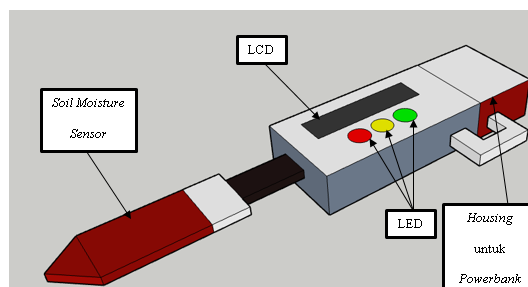
Gambar 2 Rangkaian Keseluruhan Alat

Sebelum rangkaian diuji, sensor perlu dikarakterisasi terlebih dahulu. Karakterisasi dilakukan dengan mengukur tegangan output untuk 10 variasi kadar air. Setiap masukan dan keluaran dari tiap

rangkaian di uji satu persatu. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur besaran tegangan input dan tegangan keluaran pada tiap rangkaian. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui hubungan tegangan output dengan persentase kadar air (Gunawan et al., 2019). Rangkaian *Capacitive sensor* setelah diuji tegangan keluarannya dan diplot pada grafik untuk mendapatkan fungsi transfer dan nilai koefisien korelasi (R^2).

2.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Alat ukur kadar air biji-bijian yang dirancang terdiri dari *housing* yang terbuat dari plastik dengan panjang 15 cm, lebar 9 cm dan tinggi 5 cm digunakan sebagai tempat peletakkan mikrokontroler, sensor, dan LED agar terlindungi. Pada bagian atas LCD diletakkan untuk menampilkan hasil persentase kadar air. Dibagian bawah LCD terdapat 3 LED yang akan menjadi indikator kualitas biji-bijian yang diukur. Pada bagian belakang *housing* terdapat *housing* kecil dengan ukuran panjang 7 cm, lebar 3 cm dan tinggi 4 cm digunakan sebagai tempat meletakkan *power bank*. rancangan struktur alat penelitian dan desainnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Desain Alat Keseluruhan

III. HASIL DAN DISKUSI

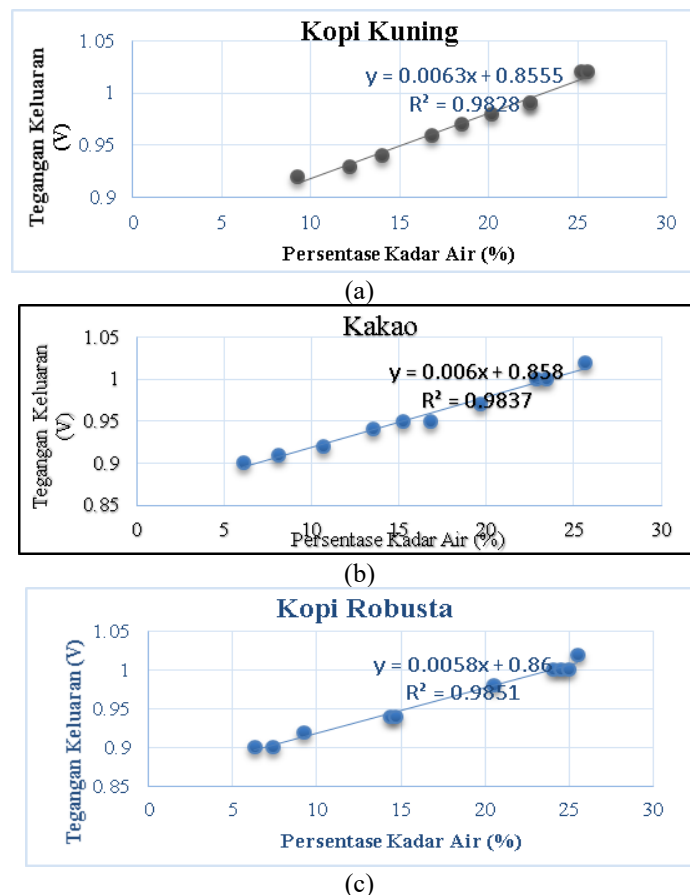
3.1 Karakterisasi *Capacitive Sensor*

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran (V_{out}) pada *Capacitive Sensor* terhadap kadar air yang terukur. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur besaran tegangan input dan tegangan keluaran pada tiap rangkaian (Suryawinata et al., 2017). Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui hubungan tegangan output dengan persentase kadar air. Persentase kadar air dapat dilihat dari hasil tampilan LCD seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan persentase kadar air pada LCD

Hasil pengujian ini menyatakan bahwa nilai tegangan keluaran pada sensor naik nilainya seiring dengan kadar air naiknya kadar air yang terukur. Grafik karakterisasi sensor dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam Gambar 5 terlihat bahwa fungsi transfer menunjukkan hubungan antara sinyal keluaran sensor, yaitu kadar air berbanding lurus dengan sinyal masukan sensor, yaitu tegangan *output*. Dari gambar 4, didapatkan fungsi transfer $y = 0,0063x + 0,8555$ dengan variabel y adalah tegangan keluaran dan variabel x merupakan kadar air. Fungsi transfer menyatakan bahwa setiap perubahan kadar air sebesar 1% mengakibatkan adanya peningkatan tegangan keluaran sebesar 0,8555 mV. Didapatkan juga peningkatan tegangan pertiap 1% kadar air pada biji kakao sebesar 0,858 mV dan pada kopi robusta sebesar 0,86 mV. Didapatkan koefisien korelasi (R^2) kopi kuning sebesar 0,9828, biji kakao sebesar 0,9837, dan kopi robusta 0,9851. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran yang dilakukan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, karena nilai koefisien korelasi tersebut mendekati nilai maksimum, yaitu 1.



Gambar 5 Hubungan Persentase Kadar Air dengan Tegangan Keluaran pada (a) Kopi Kuning, (b) Kakao, (c) Kopi Robusta

3.2 Hasil Pengujian Alat pada Sampel Biji Kopi Kuning

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, hasil pengukuran kadar air untuk sampel kopi kuning dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 hasil pengukuran kadar air sampel kopi kuning, dapat dilihat bahwa dari 10 sampel kopi kuning yang diujikan menggunakan alat ukur kadar air pengujian dan cerra tester, hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda. Rata-rata *error* pembacaan kadar air kopi kuning antara alat ukur kadar air dengan cerra tester sebesar 3,02%. Nilai selisih yang diperoleh tergolong kecil, sehingga dapat dikatakan alat ukur kadar air yang dirancang ini mampu mengukur kadar air biji-bijian dengan baik.

Tabel 1 Data hasil pengukuran kadar air pada sampel Kopi Kuning

Sampel Uji	Kadar air Cerra Tester(%)	Kadar air pada alat yang dirancang (%)	Error (%)	Warna LED
KK1	9,2	9,39	2,06	Hijau
KK2	12,1	12,39	2,39	Kuning
KK3	13,9	14,25	2,51	Kuning
KK4	16,8	17,42	3,55	Merah
KK5	18,4	19,06	3,58	Merah
KK6	20,1	20,82	3,58	Merah
KK7	22,3	23,11	3,63	Merah
KK8	22,7	23,49	1,80	Merah
KK9	25,3	26,21	3,59	Merah
KK10	25,5	26,42	3,60	Merah
Rata-rata			3,02	

3.3 Hasil Pengujian Alat pada Sampel Biji Kakao

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, hasil pengukuran kadar air untuk sampel biji kakao dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 hasil pengukuran kadar air sampel biji kakao, dapat dilihat bahwa dari 10 sampel biji kakao yang diujikan menggunakan alat ukur kadar air pengujian dan cerra tester, hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda. Rata-rata error pembacaan kadar air kopi kuning antara alat ukur kadar air dengan cerra tester sebesar 3,12%. Nilai selisih yang diperoleh tergolong kecil, sehingga dapat dikatakan alat ukur kadar air yang dirancang ini mampu mengukur kadar air biji-bijian dengan baik.

Tabel 2 Data hasil pengukuran kadar air pada sampel Biji Kakao				
Sampel Uji	Kadar air Cerra Tester(%)	Kadar air pada alat yang dirancang (%)	Error (%)	Warna LED
BK1	5,9	6,09	3,22	Hijau
BK2	8,7	8,91	2,41	Hijau
BK3	10,3	10,66	3,49	Kuning
BK4	13,1	13,52	3,21	Kuning
BK5	14,7	15,25	3,74	Kuning
BK6	20,1	16,79	3,64	Merah
BK7	22,3	19,67	3,53	Merah
BK8	22,7	22,82	0,52	Merah
BK9	25,3	24,40	3,55	Merah
BK10	25,5	25,55	3,93	Merah
Rata-rata			3,12	

3.4 Hasil Pengujian Alat pada Sampel Biji Kopi Robusta

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, hasil pengukuran kadar air untuk sampel biji kakao dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 hasil pengukuran kadar air sampel kopi robusta, dapat dilihat bahwa dari 10 sampel biji kakao yang diujikan menggunakan alat ukur kadar air pengujian dan cerra tester, hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda. Rata-rata *error* pembacaan kadar air kopi kuning antara alat ukur kadar air dengan cerra tester sebesar 3,35%. Nilai selisih yang diperoleh tergolong kecil, sehingga dapat dikatakan alat ukur kadar air yang dirancang ini mampu mengukur kadar air biji-bijian dengan baik.

Tabel 3 Data hasil pengukuran kadar air pada sampel Biji Kopi Robusta				
Sampel Uji	Kadar air Cerra Tester(%)	Kadar air pada alat yang dirancang (%)	Error (%)	Warna LED
KR1	6,1	6,29	3,11	Hijau
KR2	7,2	7,43	3,19	Hijau
KR3	8,9	9,21	3,48	Hijau
KR4	13,9	14,38	3,45	Kuning
KR5	14,2	14,67	3,30	Kuning
KR6	19,9	20,50	3,01	Kuning
KR7	23,3	24,00	3,00	Merah
KR8	23,6	24,59	4,19	Merah
KR9	24,1	24,97	3,60	Merah
KR10	24,7	25,49	3,19	Merah
Rata-rata			3,35	

Rata-rata persentase *error* yang didapatkan dari hasil analisis pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3, berkisar antara 1,80-4,19%. Berdasarkan hasil analisis *error* pada sampel kopi kuning, diperoleh rata-rata persentase *error* sebesar 3,02%. Kemudian hasil analisis *error* pada sampel biji kakao diperoleh rata-rata persentase *error* sebesar 3,12%. Lalu hasil analisis *error* pada sampel kopi robusta, diperoleh rata-rata persentase *error* sebesar 3,35%. Berdasarkan nilai *error* yang didapatkan biji yang cenderung lebih padat seperti kopi robusta memiliki *error* lebih tinggi dibandingkan kopi kuning dan biji kakao

yang bijinya lebih besar namun tidak padat. Dari data terlihat jika semakin tinggi persentase kadar air, nilai error juga meningkat. Hal ini diakibatkan oleh batasan fisik dari sensor yang digunakan. Sensor pengukur kadar air memiliki range pengukuran optimal antara 5-20%. Diluar rentang ini, sensitivitas sensor menurun karena saturasi sinyal listrik seperti arus dan resistansi tidak lagi linear terhadap peningkatan air. Persentase *error* yang didapatkan dalam penelitian ini, tidak melebihi batas maksimum yang ditetapkan yaitu 10%, sehingga dapat dikatakan alat ukur kadar air penelitian ini bekerja dengan baik. Berdasarkan hasil yang didapatkan, alat dapat digunakan pada berbagai jenis biji-bijian.

IV. KESIMPULAN,

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa alat ukur kadar air biji-bijian menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor* dapat bekerja dengan baik mengukur kadar air pada biji-bijian. Hasil pengukuran tinggi berhasil ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) Hasil karakterisasi *Capacitive Soil Moisture Sensor* memiliki koefisien korelasi pada biji kopi kuning sebesar 0,9828, biji kakao sebesar 0,9837, dan biji kopi robusta sebesar 0,9851. Hasil pengujian alat pada masing-masing bahan uji didapatkan rata-rata error pada biji kopi kuning sebesar 3,02%, pada biji kakao sebesar 3,12% dan pada biji kopi robusta sebesar 3,35%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Air pada Biji-bijian Menggunakan Sensor YL-69 Berbasis Arduino Uno dengan Tampilan LCD. Universitas Sumatera Utara.
- Asih, H. (2022). Potensi Ekspor Biji-bijian. UKMINDONESIA.ID. <https://ukmindonesia.id/baca-deskripsi-posts/potensi-ekspor-bijibijian>
- Gunawan, R., Andhika, T., . S., & Hibatulloh, F. (2019). Monitoring System for Soil Moisture, Temperature, pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 7(1), 66–78.
- Hasnan, M. (2017). Rancang Bangun Sistem Pengering Gabah dengan Menggunakan Arduino. Universitas Alauddin Makassar.
- Isnianto, H. N., & Lastrada, N. (2011). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Air Dalam Biji Kakao Berbasis Mikrokontroler. 9(4), 183–186.
- Mushollaeni, W. (2012). Penanganan dan Rekayasa Produk Hasil Pertanian. Selaras Media Kreasindo.
- Nandika, R., & Amrina, E. (2021). SISTEM HIDROPONIK BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT). *Sigma Teknika*, 4(1), 1–8.
- Riri, S., Pakasi, C. B. D., & Kumaat, R. M. (2023). Kajian Rantai Pasok Biji Kopi (Green Bean) Di PT Sulotco Jaya Abadi Kabupaten Tana Toraja. *Agri-Sosioekonomi*, 19(1), 327–336.
- Santoso, D., & Waris, A. (2020). Uji Kinerja Sistem Kontrol Untuk Pengendalian Suhu Pada Alat Pengering Biji-Bijian Berbasis Fuzzy Logic. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 8(1), 33–39.
- Septiawan, W. A., Wawan, K., & Rifan, M. (2022). Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Otomatis Pada Bunga Mawar Menggunakan ESP32. *Journal of Computer Science and Informatics (JOCSI)*, 16(1), 1–23.
- Suryawinata, H., Purwanti, D., & Sunardiyo, S. (2017). Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 30–36.
- Valentin, R. D., Diwangkara, B., & Riskiono, S. D. (2020). Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer (JTikom)*, 1(1), 28–33.