

# Perancangan Purwarupa Pengukur Kadar Air dan Kualitas Pangan Komoditas Beras dan Jagung Menggunakan Sensor Kapasitif

## *Design of a Moisture Content and Quality Meter Prototype for of Rice and Corn Food Commodities Using a Capacitive Sensor*

<sup>1</sup>Dudi Adi Firmansyah\*), <sup>1</sup>Riski Amalia Rahmawati, <sup>1</sup>Vera Firmansyah, <sup>1</sup>Gianto, <sup>1</sup>Willi Sutanto, <sup>1</sup>Nandang Gunawan Tunggal Waras, <sup>1</sup>Budi Yasri, <sup>1</sup>Azis Muslim, <sup>1</sup>Decky Ari Irwanto, <sup>1</sup>Eko Karsono, <sup>2</sup>Hilman Syaeful Alam, & <sup>3</sup>Ari Susandy Sanjaya

<sup>1</sup>Program Studi D-III Metrologi dan Instrumentasi, Akademi Metrologi dan Instrumentasi, Sumedang, 45362, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta Pusat, 10340, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75242, Indonesia

\*) *corresponding email* : dudiadif@akmet.ac.id

### Abstrak

Kadar air merupakan indikator yang dapat berpengaruh terhadap kualitas dan keamanan pangan serta harga komoditas. Oleh karena itu, pengukuran kadar air komoditas merupakan hal penting untuk memastikan keberlanjutan sistem pangan. Perkembangan teknologi yang semakin canggih membuat banyak perusahaan menghadirkan alat ukur kadar air yang disebut dengan Meter Kadar Air (MKA). Namun, alat tersebut dipasarkan dengan harga mahal. Pada penelitian ini, purwarupa pengukur kadar air dan kualitas pangan komoditas beras dan jagung menggunakan sensor kapasitif yang murah telah berhasil dibuat sesuai dengan desain. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, purwarupa ini memiliki nilai akurasi sebesar 98,9%, presisi sebesar 97,4%, dan kesalahan sebesar 1,1%. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa purwarupa ini cukup akurat untuk melakukan pengukuran kadar air sampel beras dan jagung yang disertai dengan penunjukan kualitas pangan yang konsisten sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

*Kata Kunci*: beras, jagung, kadar air, sensor kapasitif, penunjukan kualitas.

### Abstract

Water content is an indicator that can affect food quality and safety as well as commodity prices. Therefore, measuring the moisture content of commodities is important to ensure the food system viability. The development of increasingly sophisticated technology has led many companies to introduce water content measuring instruments called Moisture Content Meters (MCM). However, this tool is marketed at an expensive price. In this research, a prototype for measuring the moisture content and food quality of rice and corn commodities using a cheap capacitive sensor has been successfully made according to the design. Based on the testing results, this prototype has an accuracy value of 98,9%, precision of 97,4%, and error of 1,1%. The test results show that this prototype is accurate enough to measure the moisture contents of rice and corn samples, accompanied by consistent food quality indications according to applicable quality standards.

*Keywords*: rice, corn, moisture content, capacitive sensor, quality indication.

Makalah diterima 11 Juli 2024 – makalah direvisi 30 Agustus 2024– disetujui 31 Agustus 2024

Karya ini adalah naskah akses terbuka dengan lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## 1 Pendahuluan

Pada seminar terkait metrologi dan ketahanan pangan tahun 2023, isu ketahanan pangan merupakan kepentingan yang sangat vital bagi stabilitas dan pertumbuhan ekonomi. Hal ini dikarenakan akses pada pangan yang sehat dan terstandar merupakan kebutuhan bagi seluruh masyarakat. Untuk memastikan kualitas pangan tersebut, maka dibutuhkan pengukuran yang akurat (metrologi) [1], [2], [3], [4]. Selain itu, salah satu elemen penting dalam sistem pangan di Indonesia adalah kualitas dan keamanan pangan [4]. Sistem pangan secara lebih luas merupakan keterkaitan proses yang saling berkaitan antara gizi, bahan makanan, kesehatan, pembangunan, agraris, dan masyarakat [5]. Mutu dan keamanan pangan ditentukan beberapa hal, salah satunya adalah kandungan kadar air dalam bahan pangan [6]. Kondisi lembab pada pangan dapat memicu pertumbuhan mikroba dengan cepat, sehingga perlu diukur terkait mutu dan kelangsungan sistem pangan [7]. Mutu dan harga juga dipengaruhi kadar air, semakin bagus mutu suatu

komoditas maka semakin tinggi harganya [8], [9]. Komite Teknis Perumusan Standar Nasional Indonesia (SNI) telah menetapkan batas mutu pada berbagai jenis komoditas yang ada di Indonesia untuk menggolongkan atau mengklasifikasikan komoditas sesuai dengan kelas mutunya. Contoh regulasinya adalah SNI 6128:2020 tentang Beras [10] dan SNI 8926:2020 tentang Jagung [11].

Kandungan air dalam suatu komoditas ditentukan dengan pengukur kadar air [12]. Bagi negara agraris seperti Indonesia, seharusnya seluruh petani dan UKM memiliki akses untuk menggunakan alat ukur ini, akan tetapi, penggunaannya masih terbatas dikarenakan harga alat ukur ini yang masih mahal [13], [14]. Hal ini menyebabkan para petani memiliki keterbatasan untuk memantau kadar air dan memastikan ketersediaan pangan. Oleh karenanya, studi ini dilakukan untuk mencari teknologi tepat guna yang efektif, efisien, dan harganya terjangkau untuk mendukung sistem ketahanan pangan di Indonesia.

Salah satu cara pengukuran kadar air adalah metode tidak langsung dengan memanfaatkan sifat kelistrikan yang berupa tahanan listrik dan kapasitansi, metode ini dinilai lebih mudah, efektif dan efisien [15], [16], [17], [18]. Banyak penelitian yang telah merancang atau membuat purwarupa alat ukur kadar air, khususnya purwarupa berbasis kapasitif menggunakan pasangan plat sejajar [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]. Pengukuran kadar air juga dapat dilakukan dengan sensor kapasitif V1.2 yang lebih praktis, akan tetapi penggunaannya masih terbatas pada pengukuran kelembaban tanah [27], [28], [29], [30]. Pada tahun 2019, sensor kapasitif V1.2 telah dipakai untuk mendeteksi kadar air bahan pangan berbasis IoT akan tetapi akurasi pengukurannya masih rendah, penunjukan kualitasnya masih belum sesuai dan menggunakan dua alat yang terpisah [7].

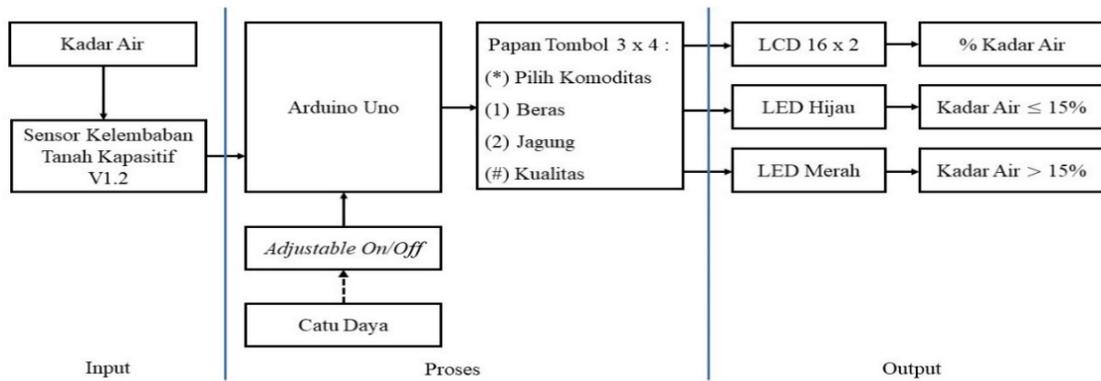
Dengan demikian, pada penelitian ini akan dirancang purwarupa menggunakan sensor kapasitif V1.2 yang dapat mengukur kadar air dan dapat menentukan mutu komoditas sesuai dengan kadar air pada SNI yang berlaku dalam satu alat terintegrasi. Selain itu, sensor tersebut juga lebih tahan korosi dan harganya lebih murah [31], sehingga memungkinkan untuk dibuat purwarupa alat ukur kadar air dengan harga relatif murah. Purwarupa juga dirancang menggunakan papan tombol sebagai *selector* untuk pemilihan jenis komoditas. Hal ini tentu saja dapat memudahkan penelitian selanjutnya untuk mengembangkan kemampuan pengukuran kadar air pada berbagai jenis komoditas, dengan diawali pada pengukuran kadar air dan mutu komoditas beras dan jagung yang akurat, serta konsisten dengan standar yang berlaku.

## 2 Metode

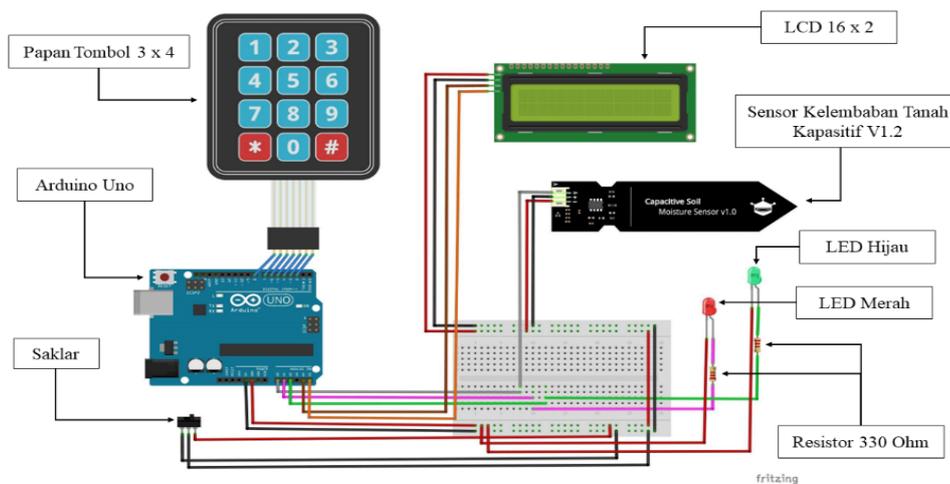
Purwarupa yang akan dibuat adalah pengukur kadar air untuk komoditas beras dan jagung dengan menggunakan sensor kapasitif V1.2 yang sebelumnya banyak digunakan untuk pengukuran kelembaban tanah [27], [28], [29], [30]. Sensor ini terdiri dari dua bagian, yaitu *probe* dan komparator. Pada bagian komparator terdapat IC TLC555 yang berfungsi sebagai pembanding tegangan. Sedangkan *probe* berfungsi untuk mengalirkan arus melalui tanah dan membaca resistansi yang sebanding dengan nilai tingkat kelembaban [32]. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari pembuatan purwarupa, kalibrasi purwarupa, dan pengujian purwarupa. Pada proses kalibrasi sensor dan pengujian purwarupa, sampel uji yang digunakan adalah beras dan jagung curah yang dibeli di salah satu toko sembako di Kota Cimahi, Jawa Barat.

### 2.1 Pembuatan Purwarupa

Tahap pertama adalah pembuatan purwarupa yang dirancang agar purwarupa juga dapat menentukan kualitas komoditas berdasarkan kadar airnya. Diagram blok komponen purwarupa ditunjukkan pada Gambar 1, dan sistem pengkabelannya ditunjukkan pada Gambar 2. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, purwarupa dilengkapi dengan papan tombol yang berfungsi untuk memilih komoditas, lalu dari pilihan komoditas tersebut, sebagai input, kadar air sampel komoditas diukur sensor kapasitif V1.2 dan hasil pengukurannya akan dikirimkan ke Arduino Uno untuk diproses menjadi keluaran nilai kadar air pada LCD dan nyala LED hijau, atau LED merah sesuai dengan nilai kadar air yang dihasilkan, sebagai indikator mutu komoditas sesuai standar yang berlaku (SNI SNI 6128:2020 dan SNI 8926:2020).



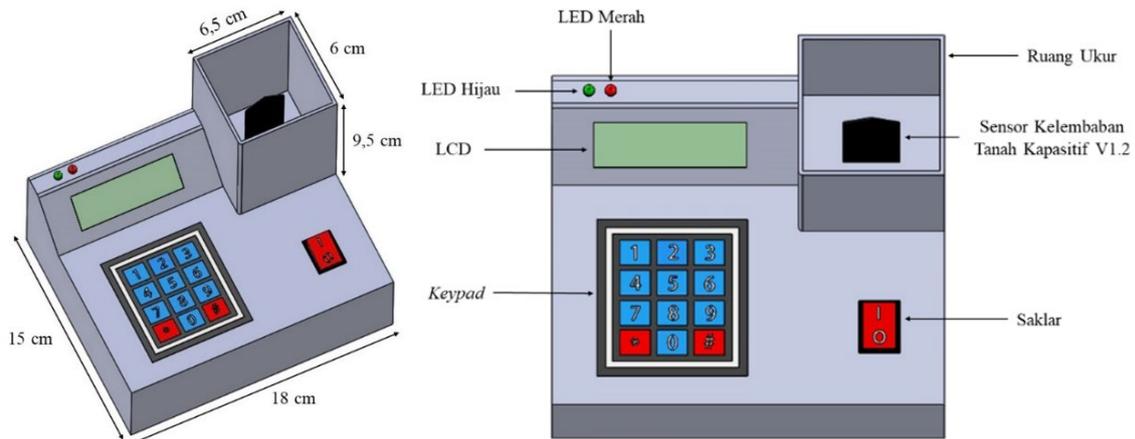
Gambar 1. Bagian-bagian purwarupa.



Gambar 2. Diagram pengkabelan purwarupa.

Diagram pengkabelan purwarupa ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut ditunjukkan integrasi antar komponen penyusun purwarupa yang terdiri dari Arduino Uno, sensor kapasitif V1.2, *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2, papan tombol 3x4, LED warna merah dan hijau, dua buah resistor 330 ohm, dan saklar dengan tiga pin. Sensor kapasitif V1.2 merupakan sensor analog, sehingga pin AOUT pada sensor terhubung dengan pin A0 pada Arduino. LCD purwarupa dilengkapi dengan *Inter-Integrated Circuit* (I2C) sehingga cukup terkoneksi ke pin A4, A5, 5V dan GND pada Arduino Uno. Pin digital Arduino Uno dihubungkan dengan papan tombol 3x4 pada pin D2, D3, D4, D5, D6, D7 dan D8. Adapun pin positif (VCC) pada setiap komponen terhubung dengan pin tegangan 5V pada Arduino Uno.

Rancangan konstruksi purwarupa ditunjukkan pada Gambar 3. Purwarupa ini dibuat dengan ukuran 18x15x15,5 cm untuk menampung layar LCD, papan tombol, 2 indikator LED, skelar dan tempat sampel. Sensor yang digunakan untuk mengukur kadar air diposisikan secara vertikal pada ruang ukur yang memiliki dimensi 6,5x6x9,5 cm<sup>3</sup>. Purwarupa ini dilengkapi dengan sebuah penutup di atas ruang ukur, untuk meminimalisir gangguan yang dapat menimbulkan kesalahan pengukuran atau penunjukan kadar air dari faktor lingkungan [33]. Purwarupa juga dilengkapi *port* USB untuk pemrograman Arduino dalam pemilihan komoditas, pengukuran kadar air dan penentuan mutu komoditas; dan *jack power supply* untuk dihubungkan dengan adaptor dan sumber listrik.



Gambar 3. Rancangan konstruksi purwarupa.

## 2.2 Kalibrasi Purwarupa

Tahap kedua adalah kalibrasi sensor pada purwarupa yaitu sensor kelembaban tanah kapasitif V.1.2. Kalibrasi ini dilakukan untuk menentukan persamaan pada program mikrokontroler yang akan digunakan pada pengukuran kadar air. Proses kalibrasi ini baru dapat dilakukan saat purwarupa telah selesai dibuat. Hal ini disebabkan karena hasil pembacaan sensor dipengaruhi oleh posisi, kedalaman sensor, jarak dan luas penampang. Oleh karenanya, sensor perlu ditempatkan atau diposisikan secara permanen agar tidak ada perbedaan posisi dan luas penampang dari sensor, baik saat proses kalibrasi sensor maupun pengujian purwarupa [34]. Proses kalibrasi sensor dilakukan dengan menentukan selisih hasil pembacaan sensor uji dengan penunjukan Meter Kadar Air (MKA) kapasitansi standar sebagai alat ukur standar.

Pengukuran nilai sinyal analog pada purwarupa dilakukan dengan menekan tombol “0” pada papan tombol setelah sampel dimasukkan ke dalam ruang ukur. Saat tombol ini ditekan, maka LCD akan menunjukkan nilai analog sebagai hasil dari pembacaan sensor kapasitif, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sebesar 472 yang merupakan nilai pembacaan sampel beras sebelum dikeringkan.



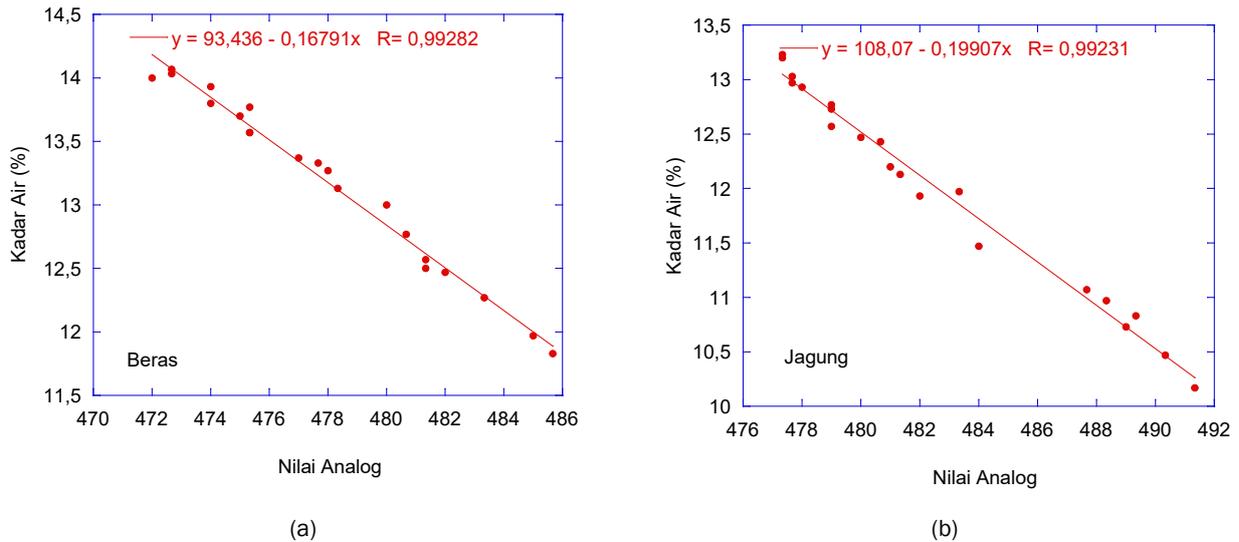
Gambar 4. Prinsip kerja purwarupa.

Untuk mendapatkan profil sinyal analog sampel pada berbagai nilai kadar air, terdapat 20 (dua puluh) sampel sebanyak 200 gram dengan kadar air berbeda-beda disiapkan dengan memanaskan sampel pada suhu 105°C selama 120 menit. Selanjutnya setiap 6 menit satu per satu wadah berisi sampel tersebut dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada desikator. Setelah sampel tersebut dingin, sampel diukur kadar airnya menggunakan MKA kapasitansi standar lalu ditetapkan sebagai standar kadar air. Selanjutnya, standar kadar air diukur nilai sinyal analog dengan purwarupa yang telah dibuat. Hasil pengukuran nilai analog dari semua standar beras dan sampel jagung ditunjukkan pada Gambar 5.

Selanjutnya, berdasarkan kurva kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 5 tersebut, maka diperoleh persamaan (1) untuk pengukuran kadar air pada beras, dan persamaan (2) untuk pengukuran kadar air pada jagung. Kedua persamaan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kode program pada bagian *void loop*, dengan  $y$  merupakan nilai persentase kadar air dan  $x$  merupakan nilai tegangan analog dari hasil pembacaan sensor. Persamaan ini disimpan dalam suatu variabel dengan nama “kadarBeras” dan “kadarJagung”. Tipe data yang digunakan untuk variabel tersebut adalah *float*, karena hasil pengukuran kadar air akan ditampilkan dalam bentuk bilangan desimal [35].

$$y = -0,1679x + 93,436 \quad (1)$$

$$y = -0,19907x + 108,07 \quad (2)$$



Gambar 5. Kurva kalibrasi sensor dengan standar kadar air (a) komoditas beras dan (b) jagung.

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, dapat ditunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) dari data hasil kalibrasi sensor dengan standar beras dan jagung tidak jauh berbeda. Pada kalibrasi sensor menggunakan standar beras dan standar jagung, dua nilai korelasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan adalah 0,99. Apabila nilai linearitas ( $R^2$ ) semakin besar atau mendekati 1, artinya semakin berkorelasi linear atau semakin baik model linearnya [36]. Oleh karena itu, sensor yang digunakan pada purwarupa dapat dinyatakan memiliki sinyal pengukuran yang linear dengan kadar air yang terdapat di dalam sampel, dan cukup akurat untuk melakukan pengukuran.

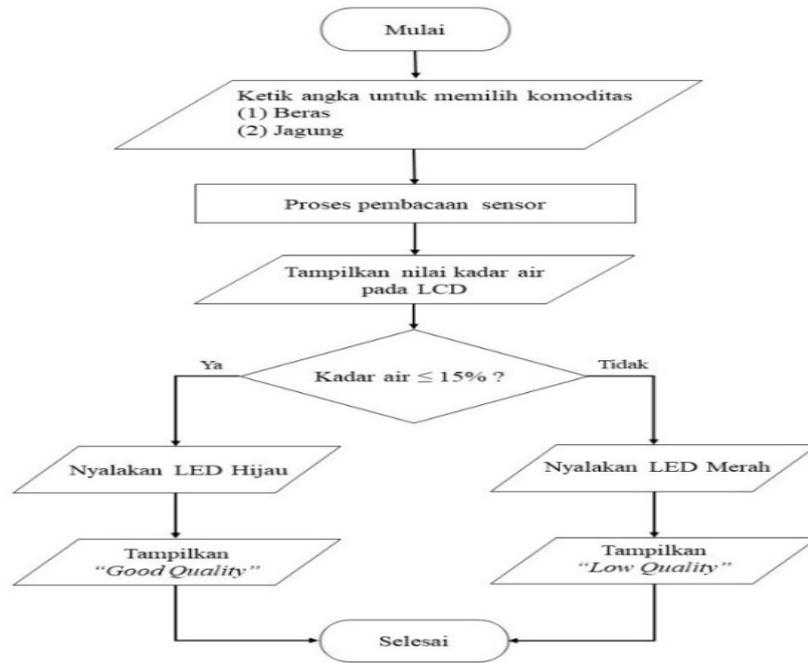
### 3 Hasil dan Diskusi



Gambar 6. Hasil pembuatan purwarupa.

Hasil pembuatan purwarupa ditunjukkan pada Gambar 6 yang menyerupai desain yang ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya purwarupa dioperasikan dengan menghubungkan purwarupa dengan *jack* catu daya atau melalui *port* USB. Oleh karenanya, saat saklar ditekan ON, maka LCD akan menyala dan menunjukkan informasi “Multi-commodity Moisture Meter”. Selanjutnya, untuk dapat melakukan pengukuran kadar air sampel, purwarupa diatur dengan menggunakan keypad. Pertama, tombol yang ditekan adalah “\*” sehingga akan muncul tampilan “POUR”, atau perintah agar menuangkan sampel pada tempat sampel (ruang ukur). Kemudian setelah 5 detik, pada LCD akan ditunjukkan informasi “SELECT” dan pilihan jenis komoditas yang ditentukan kadar airnya “[1] Rice [2] Corn”. Jika tombol “1” ditekan, maka pada LCD akan ditunjukkan informasi “Rice” dan “Measure”, sedangkan jika tombol “2” dipilih, maka pada LCD akan ditampilkan informasi “Corn” dan “Measure”. Hal ini berarti purwarupa sedang dalam proses pengukuran kadar air komoditas yang dipilih selama 5 detik, dan hasilnya akan ditunjukkan pada LCD berupa nilai persentase kadar air. Selanjutnya, untuk menampilkan kategori kualitas komoditas, maka tombol “#” ditekan, sehingga lampu LED akan menyala sesuai hasil pengukuran kadar air dan kategori kualitas (SNI 6128:2020 untuk kualitas

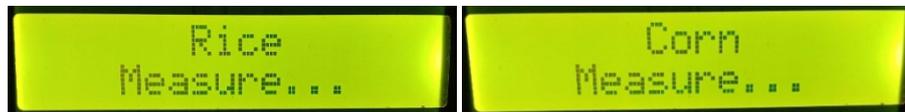
beras dan SNI 8926:2020 untuk kualitas jagung). Ringkasan proses tersebut ditampilkan pada Gambar 7, selanjutnya sebagai hasilnya, tampilan LCD dari rangkaian proses pengukuran kadar air pada purwarupa ditunjukkan pada Gambar 8 hingga Gambar 9.



Gambar 7. Prinsip kerja purwarupa



Gambar 8. Dari kiri ke kanan : contoh tampilan penunjukkan awal, perintah penuangan komoditas pada layar dan pemilihan jenis komoditas.



Gambar 9. Contoh proses pengukuran kadar air beras (kiri) dan jagung (kanan).

Selanjutnya Gambar 10 hingga Gambar 13 adalah contoh hasil pengukuran kadar air dan penentuan kualitas komoditas untuk beras dan jagung yang telah diketahui kadar airnya. Seperti ditunjukkan pada Gambar 10, hasil pengukuran kadar air adalah 11,3% yang jauh lebih rendah dari batas maksimum kadar air beras kualitas medium sebesar 15% (SNI 6128:2020), sehingga sampel beras tersebut dapat dikelompokkan memiliki kualitas baik, dan hasil indikator LED pada purwarupa menunjukkan hasil yang konsisten yaitu nyala LED berwarna hijau dan tampilan LCD "Good Quality". Sebaliknya, pada Gambar 11, hasil penentuan kadar air adalah sebesar 15,7% yang melebihi batas maksimum kadar air kualitas baik beras sebesar 15%, hasil konsisten dicapai purwarupa dengan nyala LED warna merah dan tampilan "Low Quality" pada LCD. Hasil penunjukan kualitas juga menunjukkan hasil yang konsisten pada komoditas jagung sesuai SNI 8926:2020 pada Gambar 12 dan Gambar 13. Hasil pengukuran kadar air jagung pada Gambar 12 adalah 10,7% yang lebih rendah dari batas maksimal kadar air jagung kualitas medium I sebesar 14%, dan purwarupa menunjukkan hasil konsisten pada penentuan kualitas jagung baik berupa nyala LED warna hijau dan tampilan LCD "Good Quality". Kemudian pada Gambar 13, dengan hasil pengukuran kadar air sebesar 15,3%, purwarupa juga menampilkan hasil penentuan kualitas jagung yang jelek secara konsisten berupa nyala LED warna merah dan tampilan LCD "Low Quality". Dengan demikian, purwarupa telah beroperasi dengan fungsi kerja yang direncanakan pada komoditas beras dan jagung.



Gambar 10. Tampilan saat kadar air beras ≤ 15% awal.



Gambar 11. Tampilan saat kadar air beras >15%.

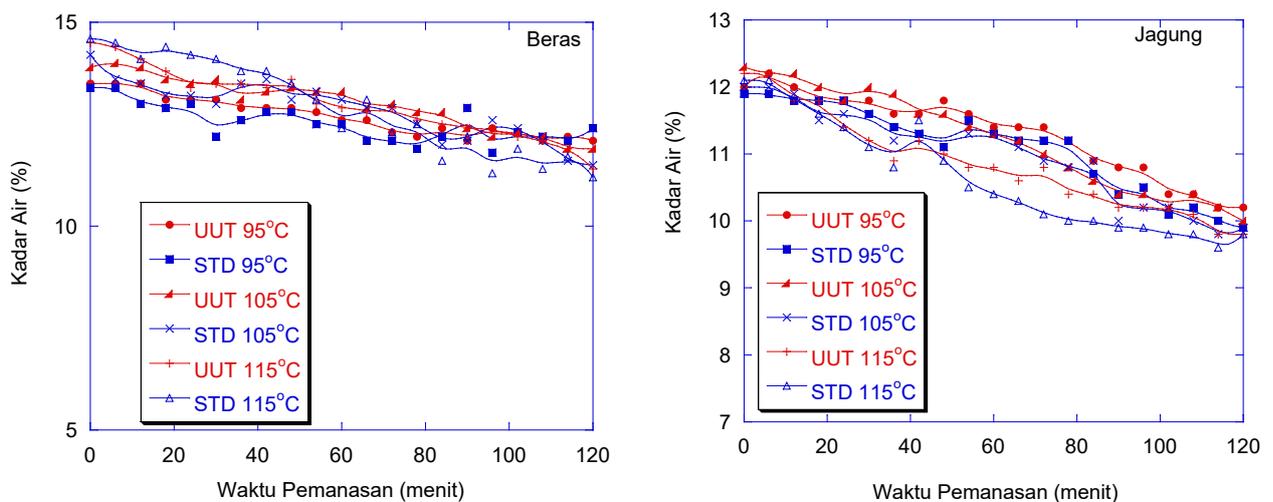


Gambar 12. Tampilan saat kadar air jagung ≤ 15%.



Gambar 13. Tampilan saat kadar air jagung >15%.

Selanjutnya, purwarupa ditentukan nilai kebenaran pengukurannya dengan metode master meter sesuai dengan Syarat Teknis Meter Kadar Air (MKA) [37]. Pada metode ini, hasil pengukuran dari purwarupa dibandingkan dengan nilai benar dari hasil pengukuran MKA standar berupa MKA kapasitansi standar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran kadar air oleh purwarupa (disebut sebagai UUT, *Unit Under Test*, atau alat yang diuji) dan oleh MKA standar (STD) terhadap sampel beras dan sampel jagung yang dikeringkan pada 3 (tiga) suhu yang berbeda yaitu 95°C, 105°C, dan 115°C dengan waktu pengeringan selama 2 (dua) jam yang diukur setiap 6 menit. Hasil pengujian kadar air purwarupa untuk sampel beras ditunjukkan pada Gambar 14 bagian kiri, dan sampel jagung pada Gambar 14 bagian kanan.



Gambar 14. Perbandingan penunjukan kadar air dari purwarupa (UUT) dan standar (STD) dari sampel beras (bagian kiri) dan sampel jagung (bagian kanan) pada suhu 95°C, 105°C dan 115°C.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 14, hasil pengukuran kadar air oleh purwarupa dan standar menunjukkan hasil yang berdekatan baik pada sampel beras maupun pada sampel jagung. Hasil pengukuran sampel beras dari pemanasan suhu 95°C ditunjukkan rentang kadar air sebesar 13,5% hingga 12,1% dengan purwarupa dan 13,4% hingga 12,4% dengan standar; kemudian hasil pemanasan suhu 105°C ditunjukkan kadar air sebesar 13,9% hingga 11,9% dengan purwarupa dan 14,2% hingga 11,5% dengan standar; terakhir pada suhu pemanasan 115°C, hasil pengukuran kadar air sebesar 14,5% hingga 11,4% dengan purwarupa dan 14,6% hingga 11,2% dengan standar. Kemudian, hasil pengukuran sampel jagung dari pemanasan 95°C ditunjukkan kadar sebesar 12% hingga 10,2% dengan purwarupa dan kadar air 11,9% hingga 9,9% dengan standar; kemudian hasil pemanasan suhu 105°C adalah kadar air 12,3% hingga 10,0% dengan purwarupa dan kadar air 12,0% hingga 9,9% dengan standar; dan selanjutnya hasil pemanasan suhu 115°C adalah kadar air 12,2% hingga 9,8% dengan purwarupa dan kadar air 12,1% hingga 9,8% dengan standar. Untuk mempermudah perhitungan kebenaran pengukurannya, nilai kadar air hasil penunjukan purwarupa (UUT) dan standar dihitung rata-ratanya untuk setiap suhu pemanasan baik pada sampel komoditas beras maupun jagung, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1 dengan selisih penunjukan UUT dan standar sebesar 0,2%.

Tabel 1. Data hasil pengujian purwarupa.

Suhu Oven (°C)	Jenis Komoditas	Rata-rata Penunjukkan (%)	
		UUT	STD
95	Beras	12,7	12,5
	Jagung	11,3	11,1
105	Beras	13,0	12,9
	Jagung	11,2	11,0
115	Beras	13,0	12,9
	Jagung	10,8	10,6
Rata-rata		12,0	11,8

Berdasarkan data hasil pengujian pada Gambar 14 dan Tabel 1, nilai karakteristik pengukuran purwarupa ditentukan. Karakteristik pengukuran tersebut ditentukan dari rata-rata dan penyimpangan hasil pengukuran yang kemudian diolah menjadi akurasi, presisi dan kesalahan (*error*) dengan persamaan sebagai berikut [38].

$$Akurasi = \left(1 - \frac{Bias + 3\sigma}{X_{benar}}\right) \times 100\% \quad (3)$$

$$Presisi = \left(1 - \frac{3\sigma}{\bar{X}}\right) \times 100\% \quad (4)$$

$$Error = \left(\frac{Bias + 3\sigma}{X_{benar}}\right) \times 100\% \quad (5)$$

Hasil perhitungan karakteristik pengukuran kadar air beras ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 untuk hasil pengukuran kadar air jagung. Hasil penentuan karakteristik pengukuran menunjukkan purwarupa dapat mengukur kadar air sampel beras dan jagung dengan rata-rata bias sebesar -0,2%, akurasi 98,9%, akurasi 97,4% dan *error* 1,1% yang lebih baik dibandingkan dengan hasil studi sebelumnya [7].

Tabel 2. Karakteristik pengukuran kadar air beras.

No.	Suhu Pemanasan (°C)	Nilai Rata-rata (%)			
		Bias	Akurasi	Presisi	Error
1.	95	-0,2	98,9	97,6	1,1
2.	105	-0,1	99,2	98,1	0,8
3.	115	-0,1	99,0	98,2	1,0
Nilai Rata-rata (%)		-0,1	99,0	97,9	1,0

Tabel 3. Karakteristik pengukuran kadar air jagung.

No.	Suhu Pemanasan (°C)	Nilai Rata-rata (%)			
		Bias	Akurasi	Presisi	Error
1.	95	-0,2	98,5	96,8	1,5
2.	105	-0,2	99,0	96,9	1,0
3.	115	-0,2	98,8	96,8	1,2
Nilai Rata-rata (%)		-0,2	98,8	96,9	1,2

## 4 Kesimpulan

Purwarupa pengukur kadar air dan kualitas pangan komoditas beras dan jagung menggunakan sensor kapasitif telah berhasil dibuat sesuai dengan desain. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, purwarupa ini memiliki nilai akurasi sebesar 98,9%, presisi sebesar 97,4%, dan kesalahan sebesar 1,1%. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa purwarupa ini cukup akurat untuk melakukan pengukuran kadar sampel beras dan jagung yang disertai dengan penunjukan kualitas pangan yang konsisten. Pada penelitian berikutnya, diharapkan terdapat pengembangan fitur agar purwarupa mampu menyimpan beberapa hasil pengukuran dan menentukan nilai rata-ratanya secara otomatis dan pengembangan pada kalibrasi sensor menggunakan jenis komoditas lainnya agar purwarupa dapat digunakan untuk mengukur kadar air lebih dari dua jenis komoditas.

## Ucapan Terima kasih

Pusat Pembinaan Jabatan Fungsional Perdagangan (Pusbin JFP) dan Akademi Metrologi & Instrumentasi yang telah memberikan fasilitas untuk melaksanakan penelitian.

## Referensi

- [1] B. Prasetya, "Peran Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian (SPK) dalam Upaya Mendukung Percepatan Pemulihan Pandemi Covid-19," *Prosiding PPS 2020*, Tangerang Selatan, 2020.
- [2] R. Ardianto, "Dampak Positif Pembentukan Unit Metrologi Legal di Kabupaten/Kota terhadap Perlindungan Konsumen Dan Pertumbuhan Ekonomi," *Jurnal Insan Metrologi*, vol. II, no. 1, pp. 25–34, 2022.
- [3] N. Gunawan, T. Waras, I. D. Syahwir, R. Bagus, and A. Hastaryadi, "Sosialisasi Kemetrolgian dan Pelabelan Pada Kemasan Produk Kewirausahaan Siswa," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, Yogyakarta, 2023.
- [4] R. Megavitry, I. Harsono, I. Widodo, and A. S. Sarungallo, "Pengukuran Efektivitas Sistem Informasi Pangan dan Keterjangkauan Pangan Sehat terhadap Keamanan Pangan di Indonesia," *Jurnal Multidisiplin West Science*, vol. III, no. 03, pp. 334–343, 2024.
- [5] A. Dedy Sutrisno, "Kebijakan Sistem Ketahanan Pangan Daerah," *Kebijakan: Jurnal Ilmu Administrasi*, vol. XIII, no. 1, pp. 28–42, 2022.
- [6] N. Amir, M. Metusalach, and F. Fahrul, "Mutu dan Keamanan Pangan Produk Ikan Asap di Kabupaten Bulukumba Provinsi Sulawesi Selatan," *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, vol. XI, no. 2, pp. 15–21, 2018.

- [7] T. F. Prasetyo, A. F. Isdiana, and H. Sujadi, "Implementasi Alat Pendeteksi Kadar Air pada Bahan Pangan Berbasis Internet Of Things," *SMARTICS Journal*, vol. V, no. 2, pp. 81–96, 2019.
- [8] M. Anjang Tifani, S. Kumalaningsih, and A. F. Mulyadi, "Produksi Bahan Pakan Ternak dari Ampas Tahu dengan Fermentasi Menggunakan EM4 (Kajian pH Awal dan Lama Waktu Fermentasi)," *Jurnal Ilmiah Peternakan*, pp. 78–88, 2010.
- [9] I. Dewi Syahwir, F. Nur Dinny, and F. Khoirul Ihsan, "Rice Sample Vaporiation Method On Meter Testing Resistive Water Content Based On Ultrasonic Mist," *SPEKTRA: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. VIII, no. 3, pp. 153–160, 2023.
- [10] A. D. Alhajir, Y. V. Via, and W. S. J. Saputra, "Sistem Pendeteksi Objek Beras dan Benda Asing Berbasis Keras dan Google Colab," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, vol. II, no. 3, pp. 580–586, 2021.
- [11] N. Hidayah, C. Winarti, and U. Ahmad, "Ozon untuk Mengatasi Cemaran Aspergillus Flavus dan Aflatoksin pada Biji-bijian: Peluang dan Tantangan Implementasi," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, vol. XL, no. 2, pp. 149–158, 2021.
- [12] A. Nurwidah, A. Asni, and A. Haq, "Evaluasi Kadar Air Gabah," *JASATHP: Jurnal Sains dan Teknologi Hasil Pertanian*, vol. I, no. 2, pp. 41–45, 2021.
- [13] B. Fatkhurrozi, H. T. Setiawan, and M. N. Abdillah, "Pengembangan Alat Ukur Kadar Air Biji Kopi Berbasis Sensor SHT11 untuk Meningkatkan Kualitas Hasil Olahan Kopi Desa Ketep," *Kontribusi: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. IV, no. 2, pp. 225–236, 2024.
- [14] M. Mustofah and P. Utami, "Perangkat Penentu Kualitas Beras Ditinjau dari Kadar Air dan Berat Butir Menir Berbasis Arduino Uno," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. IV, no. 1, pp. 39–48, 2019.
- [15] Y. Haryadi, "Peranan Penyimpanan dalam Menunjang Ketahanan Pangan," *Pangan*, vol. XIX, no. 4, pp. 345–359, 2010.
- [16] Fahroji and Hendri, "Kinerja Beberapa Tipe Moisture Meter dalam Penentuan Kadar Air Padi (Evaluation of Moisture Meters Performance on Determination of Water Content of Rough Rice)," *Jurnal Lahan Suboptimal*, vol. V, no. 1, pp. 62–70, 2016.
- [17] L. Umar, R. N. Setiadi, Y. Hamzah, and U. Malik, "Pengembangan Sensor Kapasitif Pelat Silinder Untuk Mengukur Tingkat Kelembaban Gabah Padi," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. VII, no. 01, pp. 1–8, 2017.
- [18] F. Widiyaningsih, Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Air pada Bulir Padi dengan Metode Kapasitif Berbasis Arduino, Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018.
- [19] L. Umar, R. N. Setiadi, and D. S., "Sensor Kapasitif Sederhana untuk Mengukur Tingkat Kelembaban Gabah Padi Berbasis Pengukuran Dielektrik," *Eksakta*, vol. II, pp. 1–8, 2011.
- [20] P. Lusiando, A. Sutresno, and A. Setiawan, Pengukuran Kadar Air Pada Lada Putih dengan Metode Kapasitor Plat Sejajar, Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana, 2012.
- [21] R. A. Fidiyanto, Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Air Daun Berbasis Keping Sejajar, Surabaya: Universitas Airlangga, 2014.
- [22] T. S. B. Kusuma, Alat Deteksi Mutu Beras dengan Metode Kapasitif Berbasis Mikrokontroler, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, 2016.
- [23] I. Agustian, B. Hermawan, and A. Haryanto, "Perancangan Alat Ukur Impedansi dan Kapasitansi Portabel untuk Pengukuran Kadar Air Tanah," *Prosiding Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2017*, Bandung, 2017.
- [24] P. N. Lidyaza, D. Darmawan, and A. Qurthobi, "Karakterisasi Kadar Air Batubara Berdasarkan Pengukuran Nilai Kapasitansi (Characterization Of Coal Moisture Based On Capacitance Value Measurement)," *e-Proceeding of Engineering*, Bandung, 2018.
- [25] E. Saverio, F. A. Soelistianto, and Hudiono, "Uji Kualitas Kadar Air Benih Jagung dengan Metode Kapasitif Berbasis Web," *Jurnal JARTEL*, vol. VII, no. 2, pp. 48–53, 2018.
- [26] A. Muzakhim Imammuddin et al., "Pengaruh Roasting Kopi Dampit Terhadap Nilai Permeativitas Relatif Kopi Dampit," *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, vol. XI, no. 4, pp. 182–187, 2021.
- [27] M. A. Awaludin and A. B. Utomo, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis pada Tanaman Sawi dengan Sistem Irigasi Tetes untuk Lahan Pertanian Lereng Gunung Ungaran," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. V, no. 1, pp. 32–41, 2024.
- [28] N. Yaafi Aditama and S. Mulyati, "Pemantauan Penyiraman Tanaman Secara Otomatis Menggunakan NODEMCU ESP8266 Berbasis Web," *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, vol. XI, no. 1, pp. 68–74, 2022.
- [29] W. Indrian, Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Capacitive Soil Moisture Sensor Menggunakan Struktur Metode Matrix Berbasis Arduino, Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, 2022.

- [30] A. F. L. Hakim, Tukadi, and A. Suryowinoto, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kelembaban dan pH pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens*) Berbasis IoT (Internet Of Things)," *SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*, Surabaya, 2023.
- [31] Zuhijayanto and A. Fadlil, "Desain Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things (IoT)," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. IV, no. 2, pp. 94–104, 2022.
- [32] Y. Y. Kevin, E. Susanto, and H. Mukhtar, "Soil Deformation Monitoring System using Soil Vibration and Moisture Sensors," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Science, Technology, and Environment (ICoSTE 2020) - Green Technology and Science to Face a New Century*, Surabaya, 2020.
- [33] A. Wibowo, S. A. D. Prasetyowati, and S. Alifah, "Sistem Pendeteksi Ketersediaan dan Lokasi Tempat Duduk pada Ruang Menggunakan Movable Passive Infra Red (Pir) Array," *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, vol. XV, no. 2, pp. 298–309, 2022.
- [34] S. Pratiwi, D. Darmawan, and A. Qurthobi, "Karakterisasi Nilai Kalori Batubara Berdasarkan Pengukuran Nilai Kapasitansi (Characterisation Of Coal Calory Value Based on Capacitance Value Measurement)," *e-Proceeding of Engineering*, Bandung, 2018.
- [35] R. S. Simanjuntak, *Rancang Bangun Saklar Otomatis Alarm Saat Terjadi Gempa Bumi Berbasis Arduino Nano*, Medan: Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.
- [36] A. Wicaksono and I. D. W. Susanto, "Sistem Otomasi Penggerak Kamera Dengan Motor Step Sebagai Alat Bantu Kalibrasi Alat Ukur Panjang," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. VI, no. 2, p. 105, 2015.
- [37] Direktur Jenderal Perlindungan Konsumen dan Tertib Niaga, Keputusan Direktur Jenderal Perlindungan Konsumen dan Tertib Niaga Nomor 122 Tahun 2020 tentang Syarat Teknis Meter Kadar Air, Jakarta: Kementerian Perdagangan, 2020.
- [38] V. Nadhira, E. Juliastuti, L. I. Fauzy, and R. T. Widodo, "Alat Ukur Portabel Kadar Logam Mangan dan Besi dalam Air Menggunakan Prinsip Spektrofotometer," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. IX, no. 2, pp. 71–80, 2017.