

**PROTOTIPE ALAT UKUR KADAR AIR PADA BERAS
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF SILINDER**

PROYEK AKHIR



Oleh:

Rima / A018006

Zuhri Ali Ma'ruf / A018035

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
KEMENTERIAN PERDAGANGAN
2021**

**PROTOTIPE ALAT UKUR KADAR AIR PADA BERAS
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF SILINDER**

PROYEK AKHIR



Oleh:

Rima / A018006

Zuhri Ali Ma'ruf / A018035

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
KEMENTERIAN PERDAGANGAN
2021**

**PROTOTIPE ALAT UKUR KADAR AIR PADA BERAS
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF SILINDER**

PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan tahap pendidikan D3 pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Akademi Metrologi dan Instrumentasi

Oleh:

Rima / A018006

Zuhri Ali Ma'ruf / A018035

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
KEMENTERIAN PERDAGANGAN**

2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Prototipe Meter Kadar Air (MKA) pada Beras Dengan Sensor Kapasitif Silinder dan Inti Logam”.

Penyusunan Laporan Proyek Akhir ini tidak lepas dari dorongan, arahan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa pendidikan selama mengikuti masa perkuliahan di Akademi Metrologi dan Instrumentasi.
2. Bapak Dudi Adi Firmansyah, Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dalam proses pembuatan prototipe alat ukur dan penyusunan laporan proyek akhir.
3. Ibu Dr. Ir. Endang Juliastuti, M.S. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dalam proses pembuatan prototipe alat ukur dan penyusunan laporan proyek akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis mengharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya laporan ini.

Pada akhirnya, penulis berharap laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Penyusun

ABSTRAK

Kadar air merupakan salah satu parameter penting pada penentuan kualitas komoditas beras, yang erat kaitannya dengan ketahanan pangan. Pada penentuan kadar air beras biasa menggunakan grain moisture meter dengan cara menusuk batang logam kedalam karung beras, sedangkan untuk penentuan kadar air sampel beras sulit ditemukan sehingga dibuatlah proyek akhir ini untuk mendapatkan nilai kadar air dari pengujian sampel beras dengan penempatan sampel lebih mudah dan konsisten. Prototipe ini menggunakan tabung silinder sebagai sensor kapasitif yang disambungkan ke rangkaian listrik osilator untuk mengubah nilai kapasitansi menjadi frekuensi dan selanjutnya diproses menjadi persentase kadar air oleh mikrokontroler. Untuk pengujian prototipe, metode pengujian yang digunakan adalah metode master meter sesuai dengan SK Dirjen PDN Nomor 38/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Meter Kadar Air (MKA). Prototipe dapat menampilkan nilai kadar air secara langsung dan nilai frekuensi yang dapat juga di konversi menjadi persentase kadar air. Dari hasil pengujian didapat nilai kesalahan rata-rata penunjukan kadar air adalah 0,03% (sampel penguapan air) dan -0,03% (sampel pengeringan), nilai rata-rata akurasi sebesar 96,97%, nilai rata-rata presisi sebesar 98,27%, nilai histerisi sebesar 0,9% untuk titik uji 11,4%, 0,7% untuk titik uji 14,7% dan 16,3%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut prototipe termasuk MKA kelas I.

Katakunci: kadar air, beras, sensor kapasitif, osilator

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	IV
KATA PENGANTAR	VI
ABSTRAK	VII
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR TABEL.....	X
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR LAMPIRAN.....	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 PEMBatasan MASALAH.....	2
1.5 TUJUAN	3
1.6 MANFAAT	3
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 KADAR AIR.....	5
2.2 BERAS.....	5
2.3 METER KADAR AIR	6
2.4 METODE PENGUKURAN.....	7
2.4.1 Metode Pengeringan dengan Oven.....	7
2.4.2 Metode Destilasi	7
2.4.3 Metode Kimiawi	8
2.5.1 Kapasitansi Plat Tembaga.....	9
2.5 KOMUNIKASI DATA	17
2.6 KALIBRASI	18
2.7 KARAKTERISTIK PENGUKURAN	20
2.8.1 Akurasi	20
2.8.2 Presisi	21
2.8.3 Bias.....	21
2.8.4 Kesalahan	21
2.8.5 Sensitivitas	22
2.8.6 Linearitas.....	22

BAB III RANCANG BANGUN.....	23
3.1 DESKRIPSI ALAT	23
3.2 PRINSIP KERJA PROTOTIPE ALAT UKUR.....	23
3.3 KOMPONEN PENYUSUN PROTOTIPE MKA SENSOR KAPASITANSI24	
3.3.1 Sensor Kapasitansi Tabung Silinder dan Inti Logam.....	24
3.3.2 Rangkaian Listrik NE 555.....	24
3.3.4 Microcontroller dan Program Arduino.....	27
3.4 PROSEDUR PENGUJIAN ALAT.....	28
3.4.1 Prosedur Pengujian Beras	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 HASIL PEMBUATAN PROTOTIPE.....	32
4.2 PENGUJIAN PROTOTIPE	33
4.3 PEMBUATAN KURVA HUBUNGAN FREKUENSI TERHADAP KADAR AIR 34	
4.4 KALIBRASI PROTOTIPE METODE MASTER METER	35
4.3.1 Kalibrasi Prototipe dengan Penguapan Air	35
4.3.2 Kalibrasi Prototipe pada Kondisi dengan Pengeringan.....	36
4.5 PEMBUATAN HASIL PERHITUNGAN KARAKTERISTIK PENGUKURAN	36
4.4.1 Grafik Linearitas	37
4.4.2 Kesalahan Penunjukan	38
4.4.3 Perhitungan Nilai Akurasi, Presisi dan Histerisis	40
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 SIMPULAN	42
5.2 SARAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai frekuensi kalibrasi dengan osiloskop	33
Tabel 4. 2 Nilai frekuensi kalibrasi dengan perhitungan	34
Tabel 4. 3 Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Metode Penguapan Air	36
Tabel 4. 4 Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Metode Pengeringan.....	36
Tabel 4. 5 Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Penguapan Air pada Beras	38
Tabel 4. 6 Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Pengeringan pada Beras.....	38
Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai BKD Tera ST 2010	39
Tabel 4. 8 Pengukuran Naik.....	40
Tabel 4. 9 Pengukuran Turun.....	40
Tabel 4. 10 Nilai Error Keseluruhan dan Histerisis	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geometri Kapasitor Silinder dan inti logam	10
Gambar 2. 2 IC NE 555	14
Gambar 2. 3 Rangkaian Multivibrator NE555 Astable.....	15
Gambar 2. 4 Arduino Uno.....	16
Gambar 2. 5 LCD 16X2	16
Gambar 3. 1 Diagram Blok Prototipe	23
Gambar 3. 2 Sensor Kapasitif Silinder dan Inti Logam.....	24
Gambar 3. 3 Rangkaian Skematik.....	25
Gambar 3. 4 Wiring rangkaian.....	25
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perangkat lunak Prototipe.....	28
Gambar 4. 1 Gambaran Umum Prototipe	32
Gambar 4. 2 Penunjukan Kadar Air pada LCD 16x2	33
Gambar 4. 3 Grafik hubungan frekuensi dan kadar air.....	35
Gambar 4. 4 Grafik Kondisi Penguapan Air.....	37
Gambar 4. 5 Grafik Kondisi Pengeringan.....	37
Gambar 4. 6 Grafik Histerisis	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Datasheet NE555	46
Lampiran 2 Tabel Data Pengukuran Pendukung Kalibrasi Sensor Kapasitif	53
Lampiran 3 Tabel Hasil Pengujian Master Meter Kondisi Penguapan Air dengan Ultrasonic Mist.....	54
Lampiran 4 Tabel Hasil Pengujian Master Meter Kondisi Pengeringan dengan Oven	55
Lampiran 5 Nilai Pengujian Berulang Pada Tiga Kondisi Kadar Air	56
Lampiran 6 Source Code.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia adalah negara agraris lebih dari 65% penduduk hidup dari sektor pertanian. Beras merupakan komoditas yang memiliki kapasitas produksi cukup besar. (Yulia et al., 2011). Tingkat mutu beras dipengaruhi oleh kadar air, derajat sosoh, beras kepala, butir patah, butir menir, butir merah, butir kuning, butir kapur, benda asing dan butir gabah. Secara spesifik menyebutkan aspek yang perlu diperhatikan dalam proses penyimpanan beras adalah kadar air (Haryadi, 2010). Spesifikasi kadar air pada beras menurut SNI 6128:2015 terdapat kelas 4 mutu yaitu premium (terbaik), medium 1 (baik 1), dan medium 2 (baik 2) memiliki kadar air harus 14 %, sedangkan medium 3 (baik 3) pada 15 % (SNI 6128:2015). Pada tingkat kadar air tinggi maka beras akan relatif lunak dan akan menyebabkan beras memutih dan mudah patah sedangkan pada kadar air yang relatif rendah maka beras akan relatif lebih kering. (Prasetyo et al., 2019)

Metode pemantauan kadar air dengan beberapa metode yaitu dengan pengujian bersifat langsung berupa metode oven dimana mengukur kadar air melalui proses pengeringan, metode destilasi dan metode kimia namun penentuan kadar air menggunakan metode tersebut relatif rumit dan membutuhkan waktu yang lama (Prasetyo et al., 2019) Oleh karena itu, pengujian kadar air banyak dilakukan dengan menggunakan metode tidak langsung yaitu menggunakan sifat listrik berupa resistansi dan kapasitansi. Hal ini dikarenakan pengujian tersebut murah, efisien dan membutuhkan waktu yang lebih singkat (Haryadi, 2010)

Berdasarkan kelebihan pengujian kadar air yang bersifat tidak langsung tersebut maka pada penelitian ini dibuat prototipe meter kadar air menggunakan sensor kapasitif dimana kelebihan sensor kapasitif tidak merusak sampel pada saat pengujian dan harga yang murah serta hasil yang cukup linear (Eka et al., 2019). Nilai kapasitansi bergantung pada jarak antara plat konduktor, tegangan dan sifat dasar bahan dielektrik. Jarak atau faktor posisi plat sangat berpengaruh dalam menghasilkan nilai kapasitansi yang akurat. Semakin jauh jarak antara plat konduktor maka semakin besar energi potensial yang dibutuhkan untuk muatan antara kedua plat saling tarik menarik hal ini menyebabkan nilai kapasitansi yang didapat semakin kecil. Semakin dekat jarak

antara plat konduktor maka semakin kecil energi potensial yang dibutuhkan untuk muatan antara kedua plat saling Tarik menarik hal ini menyebabkan nilai kapasitansi yang didapat semakin besar (Chart, 1997).

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat sensor kapasitif dari dua plat sejajar, di antara dua plat sejajar tersebut berfungsi sebagai tempat bahan uji biji-bijian dan diaktifkan dengan catu daya dengan nilai akurasi 94,9%. Kekurangan sensor kapasitif dua plat sejajar yaitu harus melakukan perataan bahan uji pada permukaan plat secara manual di tengah sensor (Savero et al., 2018). Oleh karena itu pada penelitian ini dibuat prototipe Meter Kadar Air (MKA) dengan menggunakan sensor kapasitif berbentuk silinder tegak di mana peletakan sampel dilakukan tanpa melakukan perataan permukaan pada bahan uji. Kelebihan lain yaitu perubahan jarak antara plat konduktor yang mempengaruhi nilai kapasitansi dapat dikurangi dan didapatkan nilai kapasitansi dari objek yang diteliti lebih akurat dibandingkan dengan sensor kapasitif plat sejajar selain itu dengan konstruksi tersebut diharapkan penempatan sampel lebih mudah dan konsisten.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada maka rumusan masalah yang akan dibahas pada projek akhir ini adalah :

1. Bagaimana pembuatan prototipe meter kadar air dengan sensor kapasitif
2. Bagaimana hubungan frekuensi dengan kadar air
3. Bagaimana karakteristik pengukuran dari prototipe alat ukur kadar air
4. Bagaimana proses kalibrasi prototipe dengan menggunakan metode master meter

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Batasan masalah yang muncul dalam projek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan prototipe meter kadar air dengan sensor kapasitif berbentuk silinder dan inti logam.
2. Fokus pengukuran kadar air pada satu komoditas yaitu beras.
3. Pengujian nilai kadar air dilakukan pada tiga pengujian yaitu pada keadaan kadar air rendah, normal dan tinggi.
4. Alat yang dirancang hanya berfokus menampilkan hasil nilai kadar air dan tidak berfokus pada spesifikasi kelayakan dari komoditi yang diuji.

5. Material silinder dan inti logam dibuat dari bahan yang sama.
6. Pengujian meter kadar air dilakukan dengan metode master meter.

1.5 TUJUAN

Tujuan dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat prototipe alat ukur kadar air menggunakan sensor kapasitansi konstruksi silinder tegak dan inti logam
2. Menentukan karakteristik sensor dan prototipe secara umum yang dibuat
3. Menentukan nilai kesalahan rata-rata prototipe meter kadar air menggunakan metode master meter

1.6 MANFAAT

Manfaat dari proyek akhir yang dibuat adalah memudahkan pengujian dan mengurangi biaya pembelian MKA, selain itu alat ukur yang dibuat dapat bermanfaat dalam pengembangan IPTEK mengenai sensor kapasitif silinder.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan laporan proyek akhir ini dibagi menjadi lima. Adapun rincian sistematika penulisannya disajikan sebagai berikut :

1. Bab I

Bab I berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan proyek akhir, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab II

Bab II memuat teori dasar yang membahas tentang teori umum serta konsep dasar mengenai perangkat-perangkat yang digunakan dalam pengerjaan proyek akhir.

3. Bab III

Bab III merupakan bab perancangan dan pembuatan alat yang berisi tentang desain alat, komponen-komponen yang digunakan, prinsip kerja setiap komponen sistem, serta metode pengujian alat.

4. Bab IV

Bab IV merupakan bab berisi hasil dan penjelasan dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil penelitian berupa data-data yang diambil dari pengujian

prototipe perekaman angka pada display yang dirancang dan analisis hasil pengujian.

5. Bab V

Bab V merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran yang didapatkan selama proses perancangan dan pembuatan prototipe untuk pengembangan di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, akan dibahas semua teori terkait kadar air, beras, dan meter kadar air (MKA) serta prinsip pengukurannya yang menjadi dasar dalam pembuatan prototipe alat ukur kadar air pada beras.

2.1 KADAR AIR

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga merupakan satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur dan citarasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut. (Siswoko & Singgih, 2017). Kadar air pada beras merupakan faktor mutu utama karena menentukan masa simpan beras. Standar beras ditentukan oleh nilai kadar air dimana mikroorganisme dapat tumbuh dan merusak beras.

Banyak sekali metode yang dapat digunakan dalam menentukan nilai kadar air misalnya pengukuran nilai kadar air menggunakan metode pengeringan dengan oven, metode destilasi, metode kimiawi dan metode fisis. Ketelitian dan ketepatan penentuan nilai kadar air menggunakan metode oven sudah menjadi acuan Standar Nasional Indonesia, namun demikian penentuan kadar air menggunakan metode oven ini relatif rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Kandungan air dalam bahan makanan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba. Berdasarkan derajat keterikatan air, air terikat dapat dibagi atas empat tipe. Tipe I adalah air yang terikat kuat. Tipe II yaitu molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain, terdapat dalam mikrokapiler. Air jenis ini lebih sukar dihilangkan dan penghilangan air tipe II akan mengakibatkan penurunan suhu. Tipe III adalah air bebas. Tipe IV adalah air yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni. (Theory et al., 1981)

2.2 BERAS

Tanaman padi (*Oryza sativa L*) merupakan salah satu jenis serealis utama di dunia. Ada tiga jenis padi yang tumbuh di Asia yaitu *Indica Javanica* dan *Japonica*.

Biji padi terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang dapat dimakan dan kulit hull dan husk. (Astawan, 2010).

Beras merupakan gabah (butiran padi) yang bagian kulit luarnya sudah dibuang dengan cara digiling atau di sosoh. Gabah terdiri atas sekam (kulit luar), aleuron (kulit ari), bekatul atau germ, endosperm (bagian butir) dan embrio atau calon tanaman baru yang tidak dapat tumbuh kembali setelah menjadi beras. (Astawan, 2010). Menurut Peraturan Menteri Perdagangan RI Nomor 19/M-DAG/PER/3/2014 menjelaskan beras adalah biji-bijian baik berkulit, tidak berkulit, diolah atau tidak diolah yang berasal dari *Oriza Sativa*. Beras diperoleh melalui beberapa tahapan penanaman padi, meliputi tahap panen dan pasca panen padi.

Sebagai bahan pangan utama beras dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan gizi berbagai lapisan masyarakat. Tingkat konsumsi beras bangsa Indonesia mencapai 139,15kg per kapita. Hasil analisis menunjukkan bahwa beras memiliki kandungan gizi yang terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, air, beras, magnesium, phosphor, potassium, seng, vitamin B1, B2, B3, B6, B9 dan serat. (Mangiri et al., 2016). Pada penelitian mengenai teknik pengujian mutu beras skala laboratorium, kualitas beras sangat bergantung pada genetik tanaman, cuaca, waktu pemanenan, dan penanganan pascapanen. (Soerjandoko, 2010)

2.3 METER KADAR AIR

Meter kadar air (MKA) adalah suatu alat ukur yang dapat menentukan kadar air pada suatu komoditi seperti biji-bijian, biji-bijian berminyak, kayu, dan hasil kayu olahan industri. Terdapat dua jenis Meter Kadar Air, yaitu MKA penunjukan langsung dan tidak langsung. (ST, 2010). MKA penunjukan langsung adalah jenis MKA yang dapat menunjukkan hasil pembacaan kadar air pada suatu sampel yang diukur tanpa perlu menggunakan tabel konversi, sedangkan MKA penunjukan tidak langsung, ialah MKA yang membutuhkan tabel konversi untuk mengetahui hasil pembacaan kadar air pada suatu sampel. Penunjukan pembacaan MKA adalah dalam nilai persentase dari kadar air suatu sampel yang diukur. Meter Kadar Air (MKA) pada umumnya menggunakan dua jenis prinsip kerja, yaitu prinsip kapasitif dan resistif, dimana kedua prinsip kerja ini, memanfaatkan koefisien elektrisitas dari plat tembaga. (Akhir et al., 2019)

2.4 METODE PENGUKURAN

2.4.1 Metode Pengeringan dengan Oven

Pengukuran kadar air metode oven merupakan salah satu metode pemanasan langsung dalam penetapan kadar air suatu bahan pangan. Dalam metode ini bahan dipanaskan pada suhu tertentu sehingga semua air menguap yang ditunjukkan oleh berat konstan bahan setelah periode pemanasan tertentu. Metode ini dilakukan dengan cara pengeringan bahan pangan dalam oven. Berat sampel yang dihitung setelah dikeluarkan dari oven harus didapatkan berat konstan yaitu berat bahan yang tidak akan berkurang atau tetap setelah dimasukkan dalam oven. Berat sampel setelah konstan dapat diartikan bahwa air yang terdapat dalam sampel telah menguap dan yang tersisa hanya padatan dan air yang benar-benar terikat kuat dalam sampel. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase kadar air (Nadia, 2010). Metode Oven adalah penentuan nilai kadar air dalam persentase ditulis dengan rumus:

$$\frac{M_{\text{basah}} - M_{\text{kering}}}{M_{\text{basah}}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

KA = Nilai Kadar Air

M_{basah} = Massa Beras + Massa cawan kosong sebelum di keringkan

M_{kering} = Massa Beras + Massa cawan kosong setelah dikeringkan

Pengukuran kadar air dengan metode Oven termasuk metode pengukuran yang memiliki kebenaran dan ketelitian hasil pengukuran yang tinggi sehingga dijadikan Standar Nasional Indonesia. Pengukuran kadar air metode oven ini selain memiliki kebenaran dan ketepatan pengukuran yang baik juga tidak terlalu membutuhkan biaya besar, namun metode Oven ini memiliki kelemahan dalam hal kemudahan dan waktu.

2.4.2 Metode Destilasi

Penentuan kada air dari bahan-bahan yang kadar airnya tinggi dan mengandung banyak senyawa-senyawa yang mudah menguap (volatile) seperti sayuran dan susu, biasa menggunakan cara destilasi dengan pelarut tertentu seperti toluene, xilol, dan heptana yang berat jenisnya lebih rendah dari pada air. Penentuan kadar air metode destilasi didasarkan volume air sebagai destilat per satuan berat sampel dan dinyatakan dalam persen. Peralatan yang digunakannya adalah destilator dengan penampung destilat khusus (Percobaan et al., 2018).

2.4.3 Metode Kimiawi

Terdapat beberapa cara penentuan kadar air dengan metode kimiawi yaitu metode titrasi Karl Fischer, metode kalsium karbida, dan metode asetil klorida.

1. Metode Titrasi Karl Fischer

Metode ini digunakan untuk pengukuran kadar air pada bahan berupa cairan, tepung, madu dan beberapa produk kering. Sesuai dengan namanya, metode ini menggunakan reagensia *Karl Fischer* yang terdiri dari SO₂, piridin dan iodin. Prinsip metode ini adalah melakukan titrasi sampel dengan larutan iodin dalam methanol dan piridin. Apabila masih terdapat air di dalam bahan maka iodin akan bereaksi, tetapi apabila air habis maka iodin akan bebas (Percobaan et al., 2018). Perhitungan kadar air pada metode ini yaitu dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Kadar Air} = \frac{0,4 F(V_1 - V_2)}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

W₁ = berat sampel (gr)

V₁ = Volume pereaksi Karl Fischer untuk titrasi sampel (ml)

V₂ = Volume pereaksi untuk titrasi blanko (ml)

0,4 = ekivalen air pereaksi

2. Metode Kalsium Klorida

Metode ini didasarkan atas reaksi antara kalsium karbida dengan air menghasilkan gas asetilin. Cara ini cukup cepat dan tidak memerlukan alat yang rumit. Jumlah asetilin yang terbentuk dapat diukur dengan beberapa cara, antara lain :

- Selisish bobot campuran bahan sebelum dan sesudah reaksi
- Menampung dan mengukur volume gas asetilin dalam tabung tertutup
- Mengukur tekanan gas asetilin apabila reaksi dilakukan pada ruang tertutup

3. Metode Asetil Klorida

Metode ini didasarkan atas reaksi antara asetil klorida dengan air menghasilkan asam yang dapat dititrasi dengan basa. Cara ini dapat digunakan untuk menentukan kadar air bahan berupa minyak, mentega, margarin, rempah-rempah, dan beberapa bahan berkadar air rendah.

4. Metode Fisis

Penentuan kadar air dengan metode fisis didasarkan ada beberapa cara, yaitu :

1. Tetapan dielektrum, air memiliki tetapan dielektrum sebesar 80 zat-zat lain memiliki tetapan tertentu, seperti karbohidrat dan protein memiliki tetapan dielektrikum lebih kecil dari 10, methanol 33, etanol 24, aseton 214, benzene 2,3, dan heksan 1,9. Kontante dielektrikum dapat dituliskan rumusnya sebagai berikut :

$$D = \frac{1e2e}{F.r^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

F = Daya tarik menarik antar dua ion yang berlawanan

$1e2e$ = Muatan ion-ion

r = Jarak antara dua ion

Untuk mengetahui kadar air bahan diperlukan kurva standar yang melukiskan hubungan antara kadar air dengan tetapan dielektrikum dari bahan yang ingin diketahui kadar airnya. Dengan mengetahui tetapan dielektrikum bahan sejenis akan dapat dihitung kadar air bahan tersebut.

2. Daya hantar resistansi listrik, air merupakan penghantar listrik yang baik bahan yang memiliki kandungan air tinggi akan mudah menghantarkan listrik atau memiliki resistensi yang relative kecil. Suatu zat yang dilalui aliran listrik, akan diketahui kadar airnya apabila diketahui grafik yang menggambarkan hubungan-hubungan antara kadar air dengan resistensinya. Alat yang digunakan untuk mengukur kadar air berdasarkan daya hantar listrik adalah resistensi meter atau moisture tester.
3. Resonansi nuklir magnetic atau *nuclear magnetic resonance* (NMR). Penentuan kadar air cara ini berdasarkan kepada sifat-sifat magnetic dari inti atom, yang mampu menyerap enersi. Dengan kondisi yang terkendali absorpsi enersi dapat merupakan index zat yang dikandungnya. Enersi yang diserap oleh inti atom hydrogen oleh molekul air dapat merupakan suatu ukuran dari banyaknya air yang dikandungnya oleh bahan tersebut. Untuk itu diperlukan kurva standar yang menggambarkan antara banyaknya enersi yang diserap dengan kandungan air.

2.5 BAGIAN-BAGIAN ALAT UKUR

2.5.1 Kapasitansi Plat Tembaga

1. Kapasitansi

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan electron. Dengan kata lain kapasitansi adalah perbandingan banyaknya jumlah muatan pada kedua plat konduktor penyusun kapasitor terhadap besarnya potensial listrik diantara keduanya. Kapasitans diukur dalam Farad (F), dan dapat didefinisikan dalam satuan Coloumb per Volt sebagai berikut:

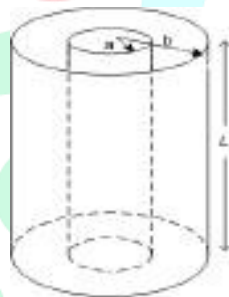
$$Q = CV \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Q = Muatan electron dalam C (coloumb)

C = Nilai kapaistansi dalam F (farad)

V = Besar tegangan dalam V (Volt)



Gambar 2. 1 Geometri Kapasitor Silinder dan inti logam

Geometri sensor kapasitansi yaitu sensor yang digunakan merupakan sensor yang diproduksi secara manual sesuai dengan rancangan yang dibuat sehingga kemudahan pembuatan mejadi faktor utama dalam pemilihan geometri sensor. Konfigurasi yang dipilih pada perancangan prototipe ini adalah silinder tegak dengan inti logam. Konfigurasi kapasitor silinder tegak dan inti logam menawarkan kemudahan dalam hal pengujian nilai kadar air suatu komoditas. Konfigurasi sensor kapasitansi silinder tegak dengan inti logam direalisasikan menggunakan tembaga untuk inti logam dan selimut tabung. Pada suatu kapasitor terdapat nilai kapasitansi hal ini merupakan ukuran kemampuan kapasitor dalam menyimpan energi dari suatu nilai tegangan. Banyak sedikitnya muatan yang mampu disimpan oleh suatu kapasitor dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut adalah konstanta dielektrik beras, koefisien udara, jari-jari inti logam, jari-jari silinder luar. Hal ini dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 k L}{\ln \frac{a}{b}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{-12} F/m$)

k = konstanta dielektrik udara (1)

L = Tinggi Tabung (m)

a = Jari-jari Inti logam (m)

b = Jari-jari silinder luar (m)

2. Luas Selimut Tabung Plat Konduktor

Sensor kapasitif dirancang dengan konstruksi silinder tegak dengan inti logam. Dimensi sensor kapasitif yang dirancang adalah dengan menggunakan plat besi dengan jari-jari silinder dalam a sebesar 0,08 m dan jari-jari silinder luar b sebesar 0,0225 m dan panjang tabung L sebesar 0,1m. Maka didapatkan luas selimut tabung yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas Selimut Tabung} &= 2\pi r t \\ &= 2 \times \pi \times 0,0225 \times 0,1 \\ &= 0,01413 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Jari-jari Plat Konduktor dan Inti Logam

Pembuatan prototipe meter kadar air (MKA) menggunakan prinsip kapasitif yang dirancang dengan bentuk silinder tegak dan inti logam. Dimensi sensor kapasitif yang dirancang adalah dengan menggunakan plat besi dengan jari-jari silinder dalam a sebesar 0,08 m dan jari-jari silinder luar b sebesar 0,0225 m dan panjang tabung L sebesar 0,1 m. Pada prinsipnya prototipe meter kadar air (MKA) berbasis prinsip kapasitansi ini bekerja berdasarkan adanya dielektrum. Pada prinsipnya prototipe meter kadar air (MKA) berbasis kapasitansi akan terhubung ke rangkaian osilator dimana akan merubah nilai kapasitansi menjadi nilai frekuensi.

4. 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. Tidak seperti konduktor, pada bahan dielektrik tidak terdapat electron-electron 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. Bahan dielektrik yang mengisi ruang antara pelat konduktor akan mempengaruhi nilai kapasitansi sebuah kapasitor. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair, dan gas. Di dalam bahan dielektrik tidak terdapat elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik (Jarak et al., 2009). 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 kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan 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 terlokalisir di daerah di mana muatan tadi ditempatkan.

Setiap bahan dielektrik memiliki nilai konstanta dielektrik tertentu. Konstanta dielektrik merupakan perbandingan nilai kapasitansi dua buah kapasitor identik, dimana masing-masing berbahan dielektrik sebuah material tertentu dan ruang vakum (Gelar et al., 2018). Hubungan tersebut dapat diungkapkan melalui persamaan :

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana,

ϵ_r = Konstanta dielektrik

C = Kapasitansi kapasitor dielektrik material tertentu (F)

C_0 = Kapasitansi dengan dielektrik ruang vakum (F)

5. Multivibrator

Multivibrator adalah sirkuit elektronik yang menghasilkan pulsa atau gelombang blok. Multivibrator penghasil gelombang blok kontinu sering disebut osilator non-linear, atau disebut juga generator fungsi (function-generator). Multivibrator dibangun atas dua bagian utama yang keadaannya saling berbeda. Hasilnya adalah pulsa/denyut tegangan blok ber-logik high dan low. Multivibrator sendiri pada proyek akhir kali ini digunakan sebagai pengolahan sinyal periodik dan menghasilkan gelombang kotak sebagai output. Multivibrator merupakan salah satu contoh dari osilator relaksasi yang adalah suatu rangkaian elektronika yang bisa membangkitkan sinyal elektronik non-

sinusoidal secara periodik berupa sinyal kotak maupun segitiga. Osilator sendiri terdiri dari sebuah elemen pengalih (switch) elektronik non-linear berupa sebuah rangkaian flip-flop atau Schmitt Trigger dan resistor. Rangkaian ini juga bisa disebut sebagai osilator RC karena frekuensi yang dihasilkan tergantung dari kombinasi nilai resistansi-kapasitif

Pada osilator relaksasi terdapat sinyal periodik yang dikeluarkan dari proses pengosongan muatan pada kapasitor secara berulang-ulang. Kapasitor akan diisi muatan sehingga mencapai suatu batas tertentu. Ketika mencapai suatu batas tertentu maka muatan pada kapasitor mulai dikosongkan dan diisi muatan kembali, untuk membatasi laju pengisian muatan agar tidak berlebihan digunakan sebuah kapasitor. Periode waktu pengisian sampai pengosongan muatan pada kapasitor ditentukan oleh konstanta waktu (time constant) atau τ . Konstanta τ adalah perkalian antara kapasitif dengan resistansi pada rangkaian sehingga frekuensi sinyal keluaran osilator berbanding terbalik dengan konstanta waktu. Berikut merupakan hubungan frekuensi dan konstanta waktu dapat dilihat di persamaan berikut:

$$\tau = R \times C \dots\dots\dots(2.7)$$

$$f \sim \frac{1}{\tau} \dots\dots\dots(2.8)$$

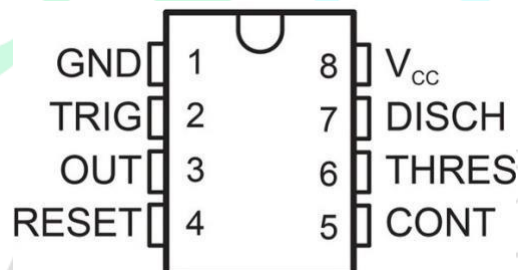
Pada proyek akhir ini digunakan multivibrator astabil, yang merupakan multivibrator yang tidak mempunyai state stabil pada dua bagian yang membangunnya. Kedua bagiannya senantiasa berganti-ganti keadaan terus-menerus sehingga outputnya pun berganti-ganti antara high dan low, karena itu multivibrator tipe ini diterapkan untuk menghasilkan gelombang kotak, atau sebagai osilator gelombang kotak (Elektro & Malang, n.d.). Pada rangkaian kali ini dipilih multivibrator astabil yang merupakan jenis osilator relaksasi yang sangat penting dan bergerak pada frekuensi tertentu dan duty cycle tertentu. Rangkaiannya juga menggunakan jaringan RC dan menghasilkan gelombang kotak pada keluarannya. Multivibrator astabil dapat dibentuk dari berbagai macam komponen seperti dari transistor, IC NE 555 dan lain lain. Pada proyek akhir ini digunakan IC NE 555 untuk membuat multivibrator astabil yang dapat menghasilkan gelombang kotak dan pembangkit waktu.

6. IC NE 555

IC NE 555 merupakan IC yang digunakan dalam berbagai aplikasi pewaktuan, sumber pulsa gelombang, serta aplikasi osilator (Kho Dickson). IC ini dapat dimanfaatkan dalam rangkaian elektronika sebagai penunda waktu (Delay Timer), rangkaian flip-flop, dan osilator. Secara fisik IC 555 berbentuk DIP atau Dual inline Package dengan package 8 pin (Kho Dickson). Contoh lainnya yaitu IC 556 yang didalam 1 package IC tersebut merupakan penggabungan 2 buah IC timer ini dengan package IC 14 pin. Nama IC ini sebenarnya diambil dari 3 pcs resistor yang dipackage ke dalam 1 IC dengan besaran 5 K Ohm

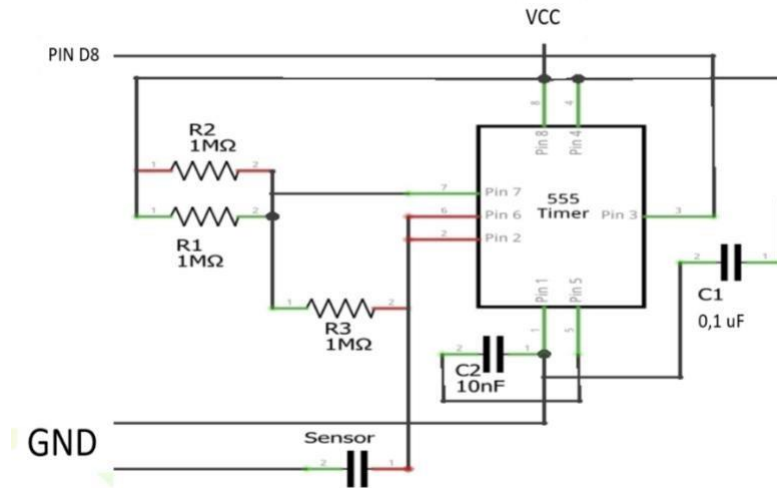
Spesifikasi NE 555:

- Tegangan masukan/ Catu daya : 4,5 – 15 V
- Besaran arus untuk 5Vdc : 3-6 mA
- Besaran arus untuk 15Vdc : 10 – 15 mA
- Maksimum output arus : 200mA
- Daya : 600 mW
- Suhu kerja antara : 0 to 70 °C



Gambar 2. 2 IC NE 555

Dari rangkaian pada Gambar 2.3 dibawah ini didapat rumus perhitungan nilai frekuensi adalah dengan rumus $f = 1 / (0,69 * (Ra + 2 * Rb) * C)$. Nilai Ra didapat dari paralel antara R1 dan R2 sedangkan untuk nilai Rb didapat dari nilai R3. Variabel C ini lah sebagai sensor yang nantinya akan berubah-ubah sesuai dengan nilai kapasitif saat berada didalam air Untuk melihat lebih lanjut mengenai penjelasan IC NE 555 dapat dilihat pada lampiran 1 datasheet NE 555.



Gambar 2. 3 Rangkaian Multivibrator NE555 Astable

Pada rangkaian multivibrator diatas dapat diketahui sensor terhubung pada pin 2 dan pin 6 dimana pin 2 merupakan trigger untuk memicu agar pewaktu bekerja dan pin 6 merupakan threshold untuk menghentikan kerja IC jika tegangan di pin 6 kurang dari $\frac{2}{3}$ VCC. Pada rangkaian listrik ini digunakan resistor sebesar $1M\Omega$ yang berfungsi untuk memperkecil nilai frekuensi keluaran agar masih dapat terbaca di LCD. Kapasitor 10nF dan $0,1\mu F$ berfungsi untuk mengontrol sinyal keluaran antara *High* dan *Low* melalui proses pengisian dan pengosongan muatan. Kelauran rangkaian berupa nilai frekuensi yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler menjadi nilai kadar air.

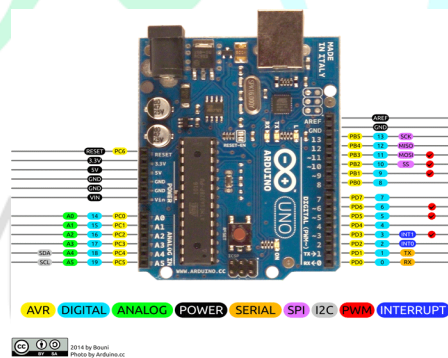
7. Catu Daya

Catu daya atau *power supply* adalah alat atau sistem yang berfungsi menyalurkan energi listrik atau bentuk energi jenis apapun yang sering digunakan untuk menyalurkan energi listrik. Prinsip kerja catu daya secara umum adalah tegangan AC yang dihasilkan dari jala-jala PLN diturunkan menggunakan *transformator step down* sehingga menghasilkan tegangan AC yang nilainya lebih kecil. Tegangan AC yang keluar dari transformator diubah menjadi tegangan DC menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh atau rangkaian jembatan. Setelah itu tegangan dilewatkan pada sebuah kapasitor yang berfungsi mengurangi tegangan *ripple* yang dihasilkan oleh rangkaian penyearah. Agar tegangan dari catu daya sesuai dengan yang diinginkan, tegangan DC dari kondensator dilewatkan pada rangkaian *variable*

regulator. Pada penelitian ini keluaran catu daya yang digunakan adalah 9 V dan 2 A.

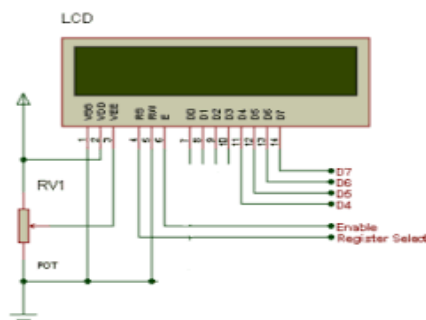
8. Arduino Uno

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. *Physical computing* adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler. Arduino memiliki spesifikasi dengan tegangan operasi 5 V dan 3,3 V, frekuensi 16 MHz. Pin Arduino yang digunakan adalah pin VCC 5Volt sebagai sumber tegangan untuk rangkaian, pin A0 untuk input analog dari rangkaian berupa tegangan, pin *Ground* sebagai *safety pin*, dan 2 pin lainnya yang digunakan untuk LCD.



Gambar 2. 4 Arduino Uno

9. LCD 2X16



Gambar 2. 5 LCD 16X2

LCD 2×16 adalah modul yang digunakan sebagai antarmuka antara pengguna dan sistem mikrokontroler dengan tampilan 2 baris dan 16 karakter. LCD ini dikendalikan oleh mikrokontroler HD 44780 yang memiliki *DDRAM* (*Display Data Access Memory*) sebagai memori tempat karakter yang ditampilkan berada, *CGRAM* (*Character Generator Random Access Memory*) sebagai memori untuk menggambarkan pola karakter dan *CGROM* (*Character Generator Read Only Memory*) sebagai tempat penyimpanan karakter yang telah permanen dan tidak dapat dihapus. Modul LCD ini memiliki 16 kaki untuk berkomunikasi dengan sistem mikrokontroler yang terdiri atas 3 kaki kontrol, 8 kaki data dan 5 kaki suplai tegangan. (Adhitya, 2009)

Dalam penggunaannya pengiriman data baik karakter maupun perintah terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu metode 4-bit dan 8-bit. Pada metode 8-bit pengiriman data dilakukan satu kali sedangkan pada metode 4-bit pengiriman data dilakukan dua kali. Untuk mengirim atau menerima data terlebih dahulu diatur pin RS dan RW terlebih dahulu sesuai keperluan, kemudian setelah itu memberikan sinyal tinggi. Kemudian data dikirim dan sinyal dikembalikan ke sinyal rendah.

Untuk I₂C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol. Awalnya modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Jalur paralel memakan banyak pin di Arduino. Dengan menggunakan I₂C maka pin yang digunakan lebih sedikit, awalnya membutuhkan 7 pin menjadi hanya 4 pin yang terhubung dengan Arduino.

2.5 KOMUNIKASI DATA

Data adalah segala sesuatu yang memiliki arti bagi penerimanya. (Rohmani, n.d.) Dalam ilmu komunikasi, data adalah informasi yang disajikan dalam bentuk isyarat digital biner. Untuk melakukan komunikasi data, setidaknya diperlukan tiga elemen minimal untuk mendukung terlaksananya pengiriman data yaitu : sumber data (*source*), media transmisi (*transmission media*), dan penerima (*receiver*).

Transmisi data adalah proses pengiriman data dari sumber ke penerima data. Dalam melakukan transmisi data harus memperhatikan beberapa aspek seperti : media transmisi yang digunakan, kapasitas *channel* transmisi, tipe *channel* transmisi, kode transmisi yang digunakan, mode transmisi, protokol perangkat lunak dan penanganan

kesalahan transmisi. Transmisi data digital dapat terjadi dalam transmisi paralel atau transmisi serial. Data di dalam sebuah sistem komputer ditransmisikan melalui model paralel yang disesuaikan dengan ukuran kata dalam sebuah sistem komputer. Data antara sebuah sistem komputer dengan sistem komputer lainnya biasanya ditransmisikan melalui model serial. Pada transmisi paralel, sejumlah bit dikirimkan per waktu. Masing-masing bit mempunyai jalurnya tersendiri, sehingga data yang mengalir pada transmisi paralel jauh lebih cepat pada transmisi serial. Model transmisi paralel biasanya digunakan untuk melakukan komunikasi jarak pendek. Pada transmisi serial, pada setiap waktu hanya 1 bit data yang dikirimkan. Dengan kata lain, bit-bit data tersebut dikirimkan secara satu per satu. (Rohmani, n.d.)

Selanjutnya, pada transmisi serial dapat berbentuk dua jenis, yaitu transmisi serial sinkron (*synchronous*) dan transmisi serial asinkron (*asynchronous*). Pada transmisi sinkron, sebelum terjadi komunikasi, diadakan sinkronisasi clock antara pengirim dan penerima. (Rohmani, n.d.)

2.6 KALIBRASI

Menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology* (VIM), kalibrasi adalah kegiatan yang menghubungkan nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai-nilai yang sudah diketahui tingkat kebenarannya (yang berkaitan dengan besaran yang diukur).

Nilai yang sudah diketahui ini biasanya merujuk ke suatu nilai dari kalibrator atau standar, yang tentunya harus memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada alat ukur yang di-tes (biasa disebut unit under test atau UUT). Ini sesuai dengan salah satu tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran atau menjaga agar *traceability link* ini tidak putus.

Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi.

Kalibrasi diperlukan untuk :

- Perangkat baru
- Suatu perangkat setiap waktu tertentu
- Suatu perangkat setiap waktu penggunaan tertentu (jam operasi)

- Ketika suatu perangkat mengalami tumbukan atau getaran yang berpotensi mengubah kalibrasi
- Ketika hasil pengamatan dipertanyakan

Kalibrasi, pada umumnya, merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu. Contohnya, termometer dapat dikalibrasi sehingga kesalahan indikasi atau koreksi dapat ditentukan dan disesuaikan (melalui konstanta kalibrasi), sehingga termometer tersebut menunjukkan temperatur yang sebenarnya dalam celcius pada titik-titik tertentu di skala. Hasil kalibrasi harus disertai pernyataan "*traceable uncertainty*" untuk menentukan tingkat kepercayaan yang dievaluasi dengan seksama dengan analisis ketidakpastian.

Dalam prosesnya, terdapat beberapa aspek yang harus dipenuhi untuk dapat merealisasikan proses kalibrasi, atau komponen yang harus dipenuhi untuk dapat melakukan proses kalibrasi, diantaranya :

1. Adanya obyek ukur (*Unit Under Test*)
2. Adanya pengkalibrasi (*Standard*)
3. Adanya prosedur kalibrasi, yang mengacu ke standar kalibrasi internasional, nasional atau prosedur yang dikembangkan sendiri oleh laboratorium yang sudah teruji dengan terlebih dahulu dilakukan verifikasi.
4. Adanya teknisi yang telah memenuhi persyaratan, mempunyai kemampuan teknis kalibrasi (sebaiknya bersertifikat).
5. Lingkungan terkondisi, baik suhu maupun kelembabannya. Jika tidak bisa dikondisikan, misalnya terjadi saat kalibrasi dilakukan di lapangan terbuka, maka faktor lingkungan harus diakomodasi dalam proses pengukuran dan perhitungan ketidakpastian.
6. Hasil kalibrasi itu sendiri, yaitu *quality record* berupa sertifikat kalibrasi. Di dalamnya tercatat *measured value*, *correction value*, dan akhirnya *uncertainty value*. Sertifikat ini tidak baku bentuknya, minimal harus dapat memberikan informasi tentang seberapa sehat alat ukur milik konsumen yang dikalibrasi. Artinya, kita bisa menambahkan banyak keterangan yang diperlukan, bahkan bisa saja ditambahkan foto, gambar, hasil analisa khusus, nilai TUR (*Test Uncertainty Ratio*), bahkan bisa saja melampirkan laporan kinerja kalibrator yang digunakan dalam proses ini.

Kegiatan kalibrasi dilakukan dengan berbagai tujuan, yakni salah satunya, untuk mengetahui apakah alat ukur yang dipakai benar dalam penunjukannya, dan jika terdapat penyimpangan maka, apakah nilai penyimpangannya masih berada dalam nilai toleransi yang diijinkan, dan sebagainya. Secara umum, manfaat kalibrasi bagi dunia Metrologi dan Industri adalah sebagai :

1. Pendukung sistem mutu yang diterapkan di industri. Ini yang pada awalnya paling populer menjadi pendorong orang atau industri mau mengkalibrasi alatnya. ISO 9000 mensyaratkan semua alat ukur yang terkait dalam produksi harus dijamin mutu keakuratannya. Dan salah satu alat utama untuk ini adalah dengan melakukan kalibrasi.
2. Data penyimpangan harga benar dengan harga yang ditunjukkan alat ukur. Kalau ini memang menjadi alasan yang teknis sifatnya, dan teknisi saja yang biasanya merasakan riil manfaatnya.

2.7 KARAKTERISTIK PENGUKURAN

Dalam setiap pengukuran, hasil yang didapatkan belum tentu sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Untuk mengetahui tingkat kebenaran dari suatu hasil pengukuran dibutuhkan beberapa parameter sehingga pengukuran yang dilakukan dapat diketahui ketertelusurannya. Untuk input tetap dibutuhkan parameter akurasi, presisi, bias dan kesalahan. Sedangkan input berubah parameter sensitivitas, linieritas dan histerisis. Input tetap, yaitu saat suatu alat ukur diberikan masukan yang sama selama pengujian, sehingga yang menjadi pantauan adalah nilai keluaran atau output dari sistem apakah sama atau berbeda. Sedangkan, input yang berubah adalah saat sistem diberikan masukan yang berbeda-beda per satuan waktu, biasanya nilai masukan tersebut menaik atau menurun, sehingga dicari korelasi linearitasnya terhadap output berdasarkan rumus teori yang telah ditentukan.

2.8.1 Akurasi

Akurasi atau ketelitian adalah derajat kedekatan harga penunjukan alat ukur dengan harga penunjukan alat ukur standar yang dianggap benar. Akurasi mendefinisikan seberapa dekat hasil pengukuran atau eksperimen dengan nilai yang sebenarnya (Fitrya et al., 2017).

$$Akurasi = \left(1 - \frac{Bias+3\sigma}{x_{benar}}\right) 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_{rata-rata})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

σ = Standar Deviasi

x_{benar} = Nilai pengukuran standar

x_i = Nilai pengukuran

\bar{x} = Nilai rata – rata pengukuran

n = Jumlah data

2.8.2 Presisi

Presisi atau kebenaran atau ketepatan adalah derajat kedekatan dalam satu kelompok data pengukuran untuk input yang sama. Presisi merupakan kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil pengukuran yang konsisten pada pengukuran berulang (Faradiba, 2020)

$$Presisi = \left(1 - \frac{3\sigma}{x}\right) 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

2.8.3 Bias

Bias adalah perbedaan harga rata-rata output alat ukur dengan harga benar untuk input yang sama. Bias menunjukkan kecenderungan nilai pengukuran yang lebih besar atau lebih kecil dari suatu alat ukur dibandingkan dengan alat ukur standar. Persamaan bias ditunjukkan sebagai berikut (Faradiba, 2020).

$$Bias = \bar{x}_{benar} - \bar{x} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.8.4 Kesalahan

Kesalahan atau *error* adalah perbedaan antara output pengukuran dengan harga benar suatu standar. Kesalahan merupakan perbedaan antara indikasi dan nilai sebenarnya dari sinyal yang terukur (Faradiba, 2020).

$$Error = \left(\frac{3\sigma+Bias}{\bar{x}_{benar}}\right) 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$

2.8.5 Sensitivitas

Sensitivitas adalah perubahan reaksi pada alat ukur dibagi oleh hubungan perubahan aksinya. Sensitivitas juga merupakan perbandingan output dan input alat ukur. Pada alat ukur yang linear, sensitivitas relatif tetap. Dalam beberapa hal, alat ukur yang baik memiliki nilai sensitivitas yang besar (Faradiba, 2020).

$$K = \frac{e_o}{e_i} \dots \dots \dots (2.15)$$

2.8.6 Linearitas

Linieritas menggambarkan kedekatan hubungan antara input dan output dari suatu instrument. Linieritas yang baik adalah jika input pengukuran memberikan output yang berbanding lurus. (Faradiba, 2020) Linieritas dapat dinyatakan dengan sebuah persamaan garis berikut :

$$e_o = me_i + b \dots \dots \dots (2.16)$$

$$m = \frac{N\sum e_i e_o - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N\sum e_i^2 - (\sum e_i)^2} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$b = \frac{\sum e_o (\sum e_i^2) - (\sum e_i e_o)(\sum e_i)}{N\sum e_i^2 - (\sum e_i)^2} \dots \dots \dots (2.18)$$

BAB III

RANCANG BANGUN

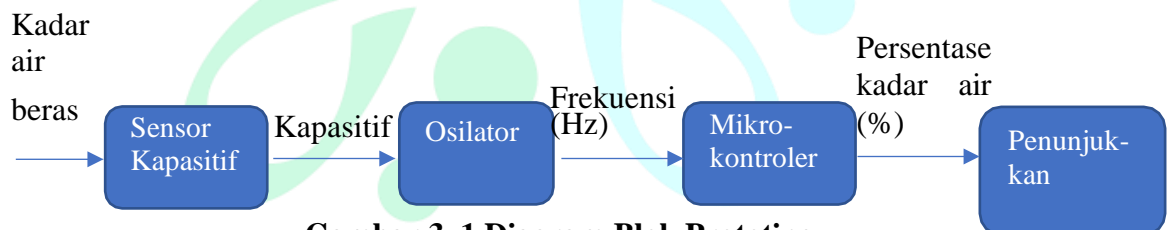
Pada bab ini akan dibahas mengenai rancang bangun alat ukur kadar air, mulai dari komponen yang digunakan secara umum, prinsip kerja serta prosedur pengambilan data dan kalibrasi prototipe alat ukur ini dengan metode master meter.

3.1 DESKRIPSI ALAT

Prototipe pengukuran kadar air menggunakan sensor kapasitif silinder memiliki spesifikasi seperti berikut :

1. Menggunakan sensor kapasitif silinder dan inti logam
2. Hasil pengukuran kadar air, ditampilkan pada display dalam persen (%)

3.2 PRINSIP KERJA PROTOTIPE ALAT UKUR



Gambar 3. 1 Diagram Blok Prototipe

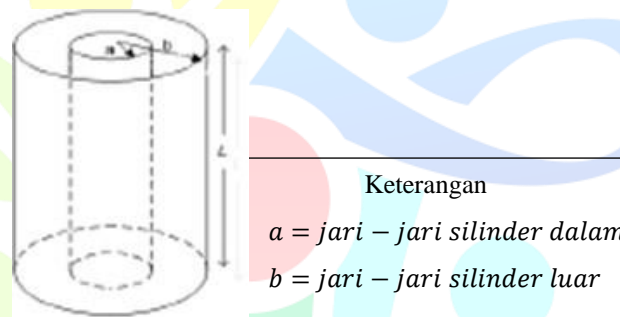
Berdasarkan Gambar 3.1, alat ukur yang dibuat memiliki prinsip kerja yang sangat sederhana, dimana alat ukur ini terdiri dari tabung tembaga dan inti logam dengan jari-jari silinder dalam a sebesar 0,8 cm dan jari-jari silinder luar b sebesar 1,4 cm dan panjang tabung L sebesar 10cm. Sensor yang digunakan berupa tabung tembaga dan inti logam tembaga yang akan mengukur perbedaan nilai koefisien dielektrik pada beras dan air, sehingga menyebabkan perubahan nilai kapasitansi. Perubahan nilai kapasitansi ini akan masuk ke sebuah rangkaian listrik yang sudah dibuat untuk sensor ini, dimana rangkaian tersebut terdiri atas rangkaian osilator dan rangkaian komparator. Output dari sensor berupa nilai kapasitansi, dimana nilai kapasitansi ini akan masuk ke rangkaian listrik, dimana pada rangkaian listrik tersebut akan diubah dari nilai kapasitansi menjadi nilai frekuensi, masukkan ini selanjutnya

akan diolah oleh mikroprosesor menjadi nilai perubahan persentase kadar air beras melalui programan yang sudah diatur. Setelah diolah dandidapatkan hasilnya, persentase kadar air yang didapatkan akan ditampilkan pada LCD yang sudah terintegrasi dengan Arduino Uno.

3.3 KOMPONEN PENYUSUN PROTOTIPE MKA SENSOR KAPASITANSI

Berikut akan dipaparkan komponen-komponen penyusun MKA

3.3.1 Sensor Kapasitansi Tabung Silinder dan Inti Logam

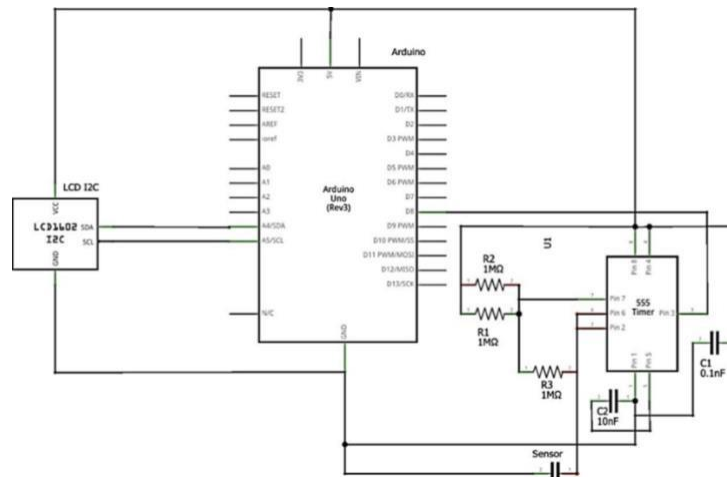


Gambar 3. 2 Sensor Kapasitif Silinder dan Inti Logam

Pembuatan prototipe meter kadar air (MKA) menggunakan prinsip kapasitif yang dirancang dengan bentuk silinder tegak dan inti logam. Dimensi sensor kapasitif yang dirancang adalah dengan menggunakan plat besi dengan jari-jari silinder dalam a sebesar 0,8 cm dan jari-jari silinder luar b sebesar 22 mm dan tinggi tabung L sebesar 10cm. Pada prinsipnya prototipe meter kadar air (MKA) berbasis prinsip kapasitansi ini bekerja berdasarkan adanya dielektrum.

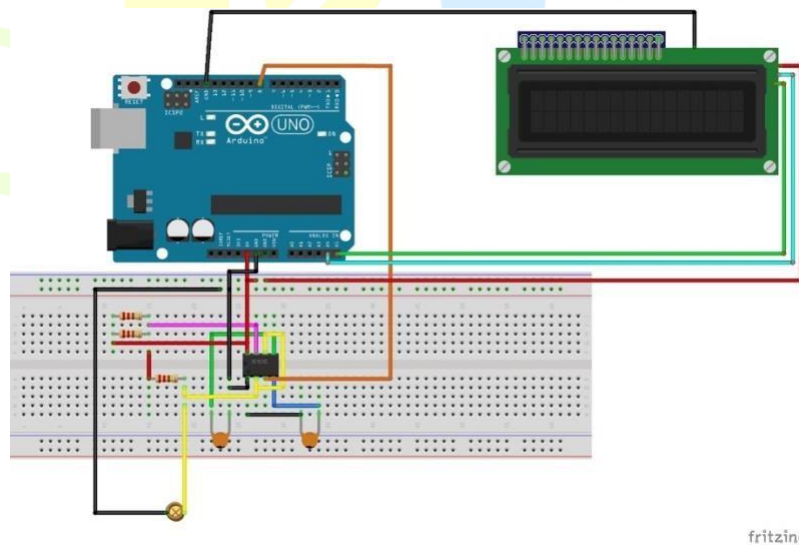
3.3.2 Rangkaian Listrik NE 555

Tahapan desain perangkat keras terdiri dari dua bagian yaitu pembuatan sensor kapasitif dan perangkat pembaca sensor yang terdiri dari osilator sebagai transduser, mikrokontroler Arduino, dan LCD 16 x 2.



Gambar 3. 3 Rangkaian Skematik

Berdasarkan prinsip kerja yang dibagi menjadi beberapa bagian yaitu sensor kapasitif, osilator, mikrokontroler, penunjukan dapat dilihat dengan gambar 3.3 berikut merupakan rangkaian skematik yang digunakan pada prototipe yang dibuat. Untuk bagian komponen yang lebih jelas serta penunjukan lubang yang terhubung, dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Wiring rangkaian

Rangkaian pada prototipe alat ukur kadar air ini pada pengolahan datanya akan ditransmisikan ke dalam mikrokontroler melalui pin-pin berikut:

1. Pin VCC rangkaian prototipe alat ukur kadar air dan sensor terhubung ke supply 5 V arduino untuk memperoleh daya.
2. Pin GND rangkaian alat ukur dan sensor terhubung dengan pin GND arduino.

3. Pin Output rangkaian prototipe alat ukur dan sensor terhubung dengan pin digital input D8 arduino.

Selanjutnya hasil pengolahan data dari mikrokontroler Arduino Uno berupa nilai skala ditransmisikan ke LCD I2C melalui pin-pin berikut:

1. Pin GND LCD I2C dihubungkan dengan pin GND arduino.
2. Pin VCC LCD I2C dihubungkan dengan pin 5 Volt arduino.
3. Pin SDA LCD I2C dihubungkan dengan pin analog input A4 arduino.
4. Pin SCL LCD I2C dihubungkan dengan pin analog input A5 arduino

3.3.3 Perangkat Pembaca Sensor

Sensor kapasitif mengkonversi perubahan nilai kadar air menjadi perubahan kapasitif. Nilai kapasitif ini tidak mampu diolah secara langsung menggunakan mikrokontroler seperti Arduino. Mikrokontroler hanya dapat mengolah besaran waktu, frekuensi dan tegangan.

Osilator merupakan transduser yang digunakan untuk mengubah besaran kapasitif menjadi besaran frekuensi. Osilator yang digunakan pada transduser ini terdiri dari 1 buah NE555, 3 buah resistor 1M Ohm dimana satu buah resistor dipasang seri dengan sensor kapasitif. Melalui konfigurasi ini didapat rumus perhitungan nilai frekuensi untuk osilator yaitu

$$f = \frac{1}{0,69 \times R \times C} \dots\dots\dots(3.1)$$

Atau,

$$T = 0,69 \times R \times C \dots\dots\dots(3.2)$$

Nilai C inilah yang berubah-ubah ketika terdapat beras pada sensor kapasitif silinder kemudian diolah dalam mikrokontroler untuk mendapat nilai frekuensi. Kalibrasi dilakukan dengan mengganti sensor oleh nilai C yang telah ditentukan apakah sesuai dengan perhitungan dengan melihat pada osiloskop. Keluaran frekuensi dari osilator kemudian disimpan ke mikrokontroler pada pin digital yaitu pin D8 yang merupakan pin digital input, berarti sinyal yang diterima atau dikirim bernilai 0 dan 1. Mikrokontroler selanjutnya melakukan pengolahan besaran frekuensi menjadi besaran kadar air hasilnya ditampilkan pada LC 16x2 yang akan dihubungkan ke I2C yang merupakan komunikasi serial dua arah yang terdiri dari SCL,SDA,VCC dan juga GND.

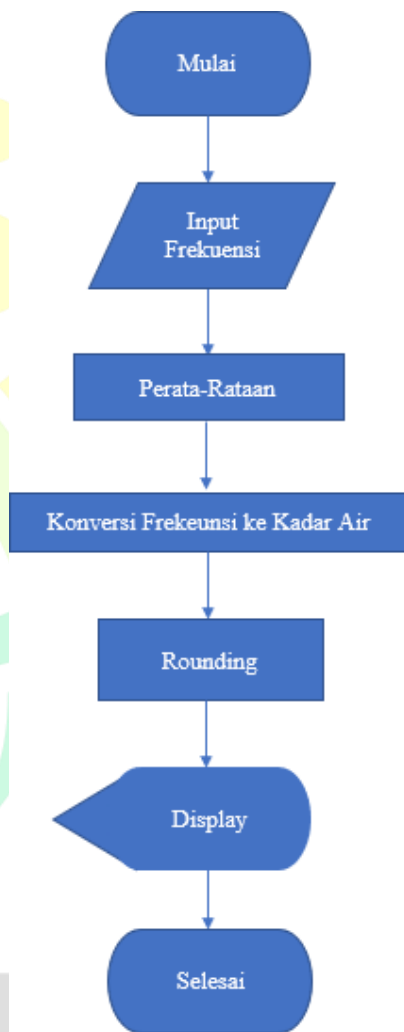
3.3.4 *Microcontroller* dan Program Arduino

Microcontroller Arduino Uno mendapat *supply* tegangan sebesar 9 V DC dari catu daya. Mikrokontroler ini menerima output frekuensi dari rangkaian listrik, frekuensi diubah menjadi nilai persentase kadar air. Hasil nilai persentase kadar air akan ditampilkan pada LCD 2x16 yang dihubungkan secara serial dari Arduino Uno.

Terdapat beberapa pin Arduino Uno yang dipakai, diantaranya :

1. Pin D8, digunakan sebagai analog digital, yang mana berupa input berupa nilai frekuensi yang berasal dari keluaran rangkaian listrik.
2. Pin VCC dan GND, digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian listrik dan I₂C pada LCD.
3. Pin Reset, digunakan untuk memulai pengukuran yang baru.
4. Pin SCL dan SDA, yang digunakan untuk I₂C pada LCD.

Perancangan perangkat lunak pada prototipe ini ditulis menggunakan Bahasa C dengan bantuan perangkat lunak *Arduino Integrated Development Environment*. Diagram alir dari perangkat lunak yang digunakan ditampilkan pada LCD. Perangkat lunak akan mula-mula melakukan inisialisasi yang terdiri dari pemanggilan library, penentuan dan pemberian nilai awal variable serta konfigurasi komunikasi antara mikrokontroler komputer dan mikrokontroler LCD. Proses pembacaan frekuensi mulai dieksekusi setelah proses inisialisasi selesai dilakukan. Dilakukan proses perata-rataan terhadap sejumlah nilai frekuensi yang dibaca agar menghasilkan nilai frekuensi yang stabil yang selanjutnya dilakukan proses konversi menggunakan persamaan regresi linear yang didapatkan dari hubungan nilai frekuensi dan nilai kadar air MKA standar. Kode pemrograman pada mikrokontroler dapat dilihat pada lampiran 2 *source codes*.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Perangkat lunak Prototipe

3.4 PROSEDUR PENGUJIAN ALAT

Berikut ini akan dijelaskan dua macam penyiapan sampel yang dilakukan beserta prosedur pengujiannya, yaitu :

3.4.1 Prosedur Pengujian Beras

Pengambilan sampel beras dilakukan di toko beras Balubur Town Square dimana kondisi beras yang didapatkan merupakan beras curah dengan jenis beras IR42. Terdapat dua metode pengujian sampel beras yakni metode pengeringan dan metode penguapan. Metode pengeringan, dilakukan dengan cara mengeringkan beras dalam wadah yang dilakukan pada orde waktu tertentu sedangkan metode penguapan dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic mist*, lalu di diamkan dalam orde waktu tertentu.

1. Metode Penguapan

Metode penguapan merupakan metode penambahan kadar air pada komoditas dengan cara melakukan proses penguapan bisa dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic mist* dan *humidifier*. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic mist* dimana uap dihasilkan dari getaran akibat adanya frekuensi yang memecah cairan menjadi kabut. Berikut merupakan detail prosedur penguapan sampel beras :

1. Beras yang akan diuji disiapkan sebanyak 120 gram untuk satu kali pengujian pada satu titik uji.
2. Sampel dipindahkan kedalam wadah
3. Sampel dikondisikan pada ruang pengujian selama 60 menit
4. Pengujian pada beras yang belum diuapkan dilakukan menggunakan meter kadar air kapasitif dan catat pembacaanya
5. Beras yang telah di kondisikan diletakan pada alat *ultrasonic mist* untuk proses penguapan
6. Penguapan pada beras dilakukan selama orde waktu tertentu
7. Sampel beras uji telah siap untuk dilakukan pengujian lalu nilai kadar air pada beras dan waktu penguapan dicatat
8. Ulangi langkah diatas untuk orde waktu penguapan lainnya

2. Metode Pengeringan

Metode pengeringan merupakan metode untuk menentukan nilai kadar air suatu komoditas dengan melakukan pengurangan massa melalui pemanasan pada suhu tertentu yang menyebabkan berkurangnya air pada komoditas. Berikut merupakan detail prosedur pengeringan sampel beras :

1. Beras yang akan diuji disiapkan sebanyak 120 gram untuk satu kali pengujian pada satu titik uji.
2. Pengujian menggunakan meter kadar air kapasitif pada beras yang belum dikeringkan dan catat pembacaanya
3. Sampel dipindahkan ke dalam nampan dan dimasukan kedalam oven
4. Pengeringan dilakukan pada beras selama orde waktu tertentu
5. Sampel beras uji telah siap untuk dilakukan pengujian lalu nilai kadar air pada beras dan waktu pengeringan dicatat
6. Ulangi Langkah diatas untuk orde waktu pengeringan lainnya.

3. Prosedur Pengujian Kalibrasi Alat Ukur

Pengujian kalibrasi alat ukur ini dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari penunjukan prototipe alat ukur kadar air. Metode yang digunakan yaitu metode master meter dengan membandingkan penunjukan MKA yang diuji dengan penunjukan MKA yang dianggap sebagai master meter dan mempunyai ketelitian yang lebih tinggi. Adapun prosedur kalibrasinya adalah sebagai berikut :

1. Disiapkan sampel beras uji, MKA Standar dan MKA prototipe yang telah dibuat.
2. Massa masing – masing nampan yang akan digunakan ditimbang menggunakan timbangan elektronik dengan daya baca 1 gram.
3. Beras yang akan diuji ditimbang dengan timbangan elektronik daya baca 1 gram dengan masing-masing pengujian menggunakan 120 gram beras, mass aini ditulis sebagai massa basah
4. Masing – masing kondisi beras uji dimasukkan kedalam 6 nampan. Sehingga, total nampan yang masuk ke oven sebanyak 18 nampan. Tulis sebagai massa cawan kosong.
5. Oven dinyalakan atur waktu pengeringan sesuai dengan orde waktu yang telah ditentukan
6. Setelah dilakukan pengeringan nampan diangkat lalu dilakukan pendinginan dengan suhu ruang selama 30 menit.
7. Setelah itu, massa nampan yang berisi beras yang telah dipanaskan ditimbang massanya, massa ini ditulis sebagai massa kering.
8. Rata-rata pembacaanya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y\% = \frac{Y_0 + Y_1}{2} \% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan

$Y_0\%$ = Penunjukan master MKA

$Y_1\%$ = Perubahan penunjukan master MKA

$Y\%$ = Rata-rata penunjukan master MKA

9. Nilai hasil penunjukan master MKA dibandingkan dengan penunjukan MKA yang diuji
10. Kesalahan penunjukan MKA dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = (X - Y)\% \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan

E = Kesalahan penunjukan MKA (%)

X = Penunjukan MKA yang diuji (%)

Y = Penunjukan mater MKA (%)

11. Langkah di atas diulangi untuk orde waktu kalibrasi lainnya.



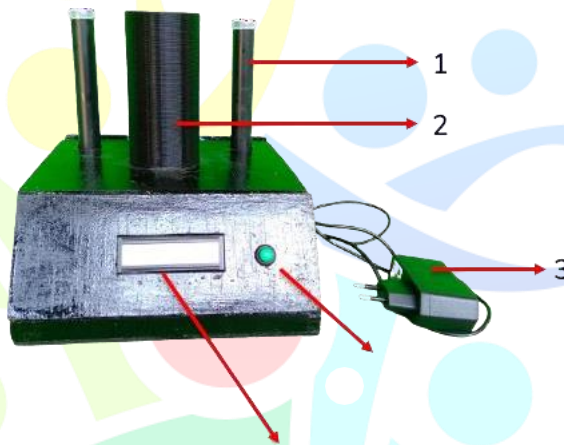
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan proses pengujian kinerja meter kadar air, maka perlu dilakukan proses kalibrasi terlebih dahulu, untuk memastikan kinerja meter kadar air dapat bekerja dengan baik dan sesuai.

4.1 HASIL PEMBUATAN PROTOTIPE

Prototipe yang telah dibuat dapat menampilkan nilai kadar air pada beras, berikut merupakan gambar dan cara kerja.

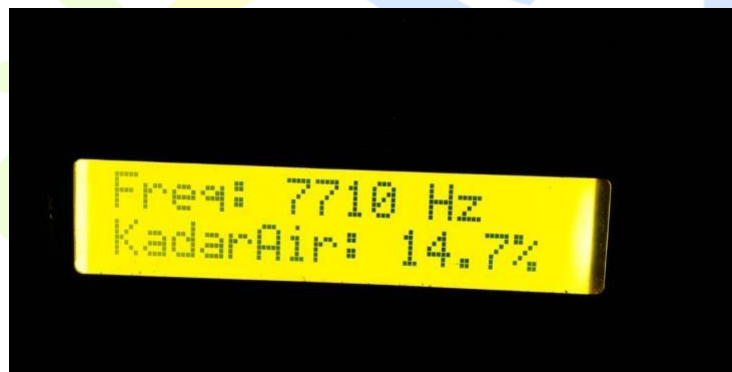


Gambar 4. 1 Gambaran Umum Prototipe

Keterangan dari bagian-bagian konstruksi prototipe sebagai berikut :

1. *Holder* berfungsi sebagai pegangan saat meratakan sampel beras dan mengeluarkan beras dari sensor kapasitif.
2. Sensor kapasitif silinder berfungsi untuk mendeteksi nilai kapasitansi pada beras dan sebagai tempat sampel yang akan diuji
3. Adaptor Catu daya 9 V berfungsi sebagai pemberi daya pada prototipe dengan menghubungkan pada suatu sumber daya.
4. Tombol Reset warna hijau berfungsi Ketika ditekan untuk menolak atau mengatur ulang kembali proses pengukuran dari awal
5. LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil serta pemberi informasi kepada pengguna tentang hasil pengukuran

Cara kerja dari prototipe meter kadar air yaitu dengan mendeteksi nilai kapasitansi yang muncul karena adanya muatan yang disebabkan oleh perbedaan potensial listrik antara tembaga silinder sebagai bagian positif dan inti tembaga sebagai bagian negatif, dari perbedaan tersebut menghasilkan muatan yang dikirim sebagai sinyal analog dan diproses pada rangkaian listrik NE555 sehingga menghasilkan sinyal digital berbentuk frekuensi yang diproses oleh mikrokontroler dengan menggunakan arduino IDE menjadi nilai kadar air. Perubahan nilai kadar air tergantung pada frekuensi input arduino dan nilai frekuensi tergantung pada nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh sensor. Nilai kadar air ditampilkan pada LCD 16x2 sebagai hasil pembacaan prototipe mater kadar air, berikut merupakan penunjukan nilai kadar air dan frekuensi yang ditampilkan pada LCD :



Gambar 4. 2 Penunjukan Kadar Air pada LCD 16x2

4.2 PENGUJIAN PROTOTIPE

Pengujian prototipe dilakukan menggunakan osiloskop dan perhitungan frekuensi untuk menghitung nilai frekuensi yang muncul dari sinyal yang ditampilkan pada prototipe dan untuk mengetahui frekuensi yang sebenarnya yang didapatkan dari perhitungan. Dilakukan percobaan dengan perubahan nilai kapasitor sebesar 100pF, 500pF, 1nF, 5nF dan 10nF. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Nilai frekuensi kalibrasi dengan osiloskop

No	Kapasitor	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Frekuensi Keluaran Osiloskop (Hz)	Selisih (Hz)	Error
1	100pF	4662 Hz	4545,4 Hz	116,6 Hz	2,56%
2	500pF	940 Hz	972,8 Hz	32,8 Hz	3,37%
3	1nF	490 Hz	498,4 Hz	8,3 Hz	1,68%
4	5nF	100 Hz	102,2 Hz	2,2 Hz	2,20%
5	10nF	50 Hz	51,5 Hz	1,5 Hz	3,00%

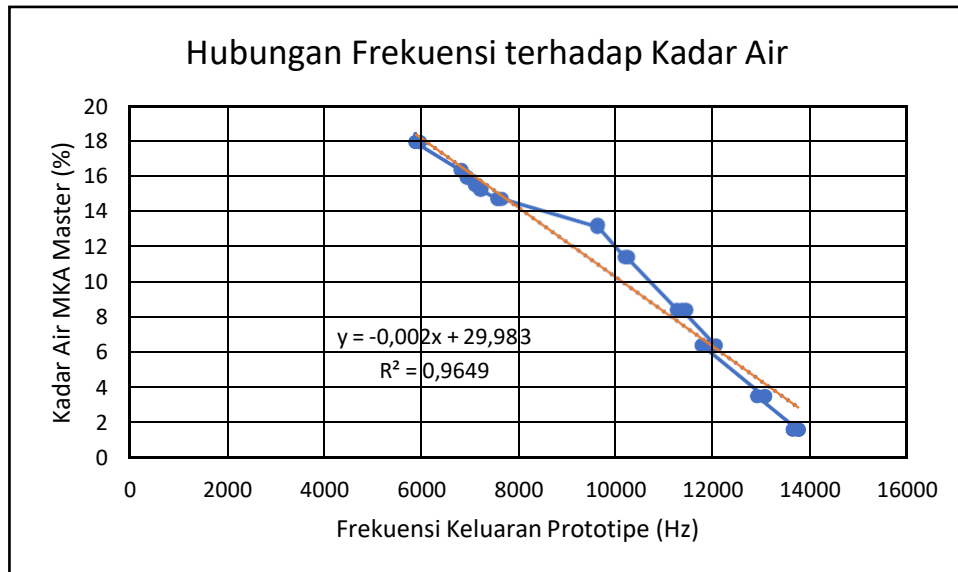
Tabel 4. 2 Nilai frekuensi kalibrasi dengan perhitungan

No	Kapasitor	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Frekuensi Hasil Perhitungan (Hz)	Selisih (Hz)	Error
1	100pF	4662 Hz	4830,9 Hz	168,9 Hz	3,49%
2	500pF	940 Hz	966,2 Hz	26,2 Hz	2,70%
3	1nF	490 Hz	483,0 Hz	6,9 Hz	1,43%
4	5nF	100 Hz	96,6 Hz	3,4 Hz	3,50%
5	10nF	50 Hz	48,3 Hz	1,7 Hz	3,51%

Pada Tabel 4.1 ditampilkan nilai frekuensi kalibrasi dengan osiloskop didapatkan nilai error frekuensi sebesar 2,56%; 3,37%; 1,68%; 2,20% dan 3,00% hal ini menunjukkan bahwa rangkaian sensor yang telah disusun dapat menunjukkan nilai frekuensi yang sesuai dengan kapasitif masukan. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan membandingkan frekuensi prototipe dengan frekuensi perhitungan seperti yang terlihat pada Tabel 4.2 dan didapatkan nilai error frekuensi sebesar 3,49%; 2,70%; 1,43%; 3,50% dan 3,51%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik. Data percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2. Alat ukur digunakan untuk mengukur nilai C referensi apakah sudah sesuai dengan perhitungan yang ada dengan melihat penunjukan osiloskop.

4.3 PEMBUATAN KURVA HUBUNGAN FREKUENSI TERHADAP KADAR AIR

Pada pembuatan prototipe dicari nilai korelasi antara nilai frekuensi pada prototipe dengan nilai kadar air yang ditampilkan oleh MKA standar. Nilai ini berupa persamaan regresi linier yang didapatkan dari pengujian kadar air pada beberapa kondisi beras. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode pengeringan dan penguapan. Nilai regresi yang didapatkan digunakan untuk penentuan nilai kadar air pada prototipe. Hasil yang didapatkan sebagai berikut



Gambar 4. 3 Grafik hubungan frekuensi dan kadar air

Berdasarkan data pada Gambar 4.3 dapat dilihat hubungan antara frekuensi dan kadar air pada prototipe dimana semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai kadar air yang terukur, hal ini menjadikan nilai frekuensi berbanding terbalik dengan nilai kadar air. Didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9649 artinya nilai koefisien determinasi yang didapatkan mendekati satu dan frekuensi arduino dapat menjelaskan setiap perubahan kadar air beras yang diuji.

4.4 KALIBRASI PROTOTIPE METODE MASTER METER

Kalibrasi prototipe menggunakan metode master meter dimana metode ini bertujuan untuk menguji prototipe MKA yang telah dibuat dengan menggunakan MKA dengan kelas pengujian yang lebih tinggi. Pada kalibrasi ini dilakukan dengan menggunakan beras IR 42 pada dua pengondisian yaitu penguapan air dan pengeringan. Adapun hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

4.3.1 Kalibrasi Prototipe dengan Penguapan Air

Pada pengujian ini terdapat tujuh kondisi penguapan air yaitu penguapan 40 detik, 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit dan 50 menit dimana proses penguapan air dilakukan menggunakan *Ultrasonic Mist*. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Metode Penguapan Air

Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Kondisi Penguapan			
Kondisi	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Rata-Rata Penunjukan Prototipe (%)	Rata-rata Penunjukan Kadar Air MKA Master (%)
40 Detik	7610,3	14,8	14,7
10 Menit	7231,0	15,1	15,2
20 Menit	7123,3	15,2	15,5
30 Menit	6954,0	15,9	15,9
40 Menit	6831,3	16,5	16,3
50 Menit	5941,6	18,2	17,9

4.3.2 Kalibrasi Prototipe pada Kondisi dengan Pengeringan

Pada pengujian ini terdapat tujuh kondisi pengeringan yaitu pengeringan selama 40 detik, 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit dan 50 menit dimana proses pengeringan dilakukan menggunakan Oven. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Metode Pengeringan

Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Kondisi Pengeringan			
Kondisi	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Rata-Rata Penunjukan Prototipe (%)	Rata-rata Penunjukan Kadar Air MKA Master (%)
40 Detik	9635,7	13,5	13,2
10 Menit	10229,7	11,2	11,4
20 Menit	11366,7	8,1	8,4
30 Menit	11938,0	6,2	6,4
40 Menit	13021,7	3,6	3,5
50 Menit	13726,7	1,7	1,6

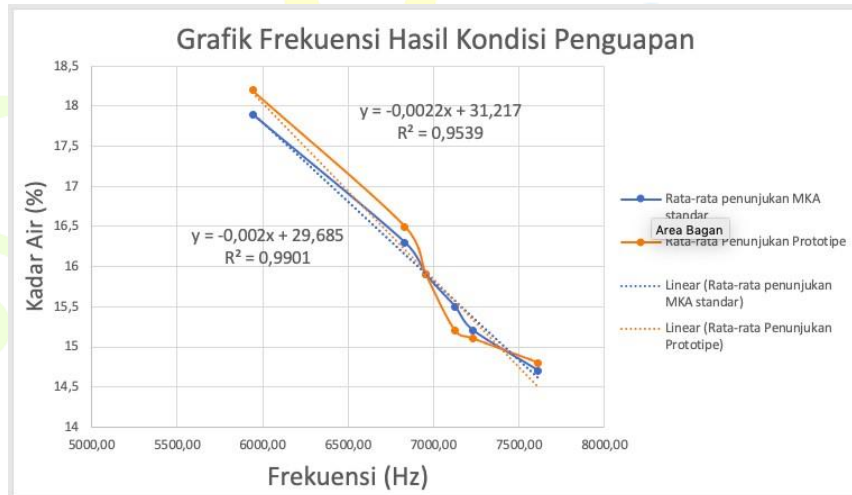
4.5 PEMBUATAN HASIL PERHITUNGAN KARAKTERISTIK PENGUKURAN

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi, maka akan dilakukan pembahasan tentang grafik linearitas, kesalahan penunjukan sensor, akurasi, presisi dan histeris.

4.4.1 Grafik Linearitas

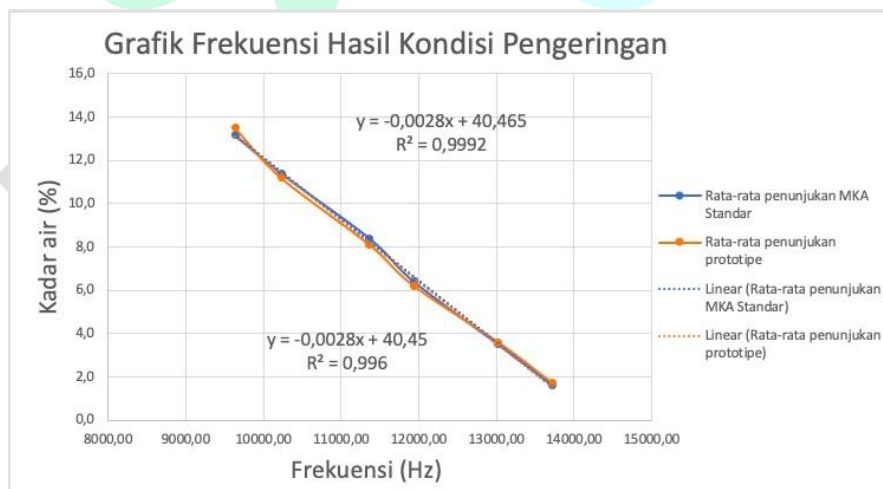
Pada grafik linearitas terdapat dua kondisi yaitu kondisi penguapan air dan pengeringan terhadap kadar air pada beras, yang akan di gambarkan sebagai berikut :

a. Grafik Kondisi Penguapan Kadar Air pada Beras



Gambar 4. 4 Grafik Kondisi Penguapan Air

b. Grafik Kondisi Pengeringan Terhadap Kadar Air pada Beras



Gambar 4. 5 Grafik Kondisi Pengeringan

Berdasarkan hasil grafik diatas untuk kondisi pertama yaitu kondisi penguapan air terhadap kadar air beras didapatkan nilai rata-rata penunjukan master MKA dan nilai rata-rata penunjukan prototipe memiliki grafik linearitas yang sangat baik. Hal ini dapat dilihat pada koefisien determinasi yang mendekati satu yaitu (0,9901) untuk grafik penunjukan master MKA dan (0,9539) untuk grafik penunjukan prototipe. Sehingga dilihat dari linearitas prototipe yang dibuat cukup linear.

Pada kondisi kedua, pengukuran untuk kondisi pengeringan terhadap kadar air beras nilai rata-rata penunjukan master MKA dan nilai rata-rata penunjukan prototipe memiliki linearitas sangat baik. Hal ini dapat ditunjukkan oleh harga koefisien determinasi mendekati satu yaitu (0,9992) untuk rata-rata penunjukan MKA dan (0,996) untuk penunjukan prototipe. Dari perbandingan dua grafik diatas, dapat ditarik simpulan bahwa alat ukur yang dibuat memiliki linearitas yang sangat baik.

4.4.2 Kesalahan Penunjukan

Pada perhitungan kesalahan penunjukan terdapat dua kondisi penguapan air dan pengeringan pada beras. Besarnya kesalahan penunjukan sama dengan penunjukan prototipe dikurangi dengan nilai penunjukan master MKA. Data hasil perhitungan didapat data sebagai berikut:

- a. Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Penguapan Air pada Beras

Tabel 4. 5 Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Penguapan Air pada Beras

Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Kondisi Penguapan				
Kondisi	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Rata-Rata Penunjukan Prototipe (%)	Rata-rata Penunjukan Kadar Air MKA Master (%)	Kesalahan Penunjukan (%)
40 Detik	7610,3	14,8	14,7	0,1
10 Menit	7231,0	15,1	15,2	-0,1
20 Menit	7123,3	15,2	15,5	-0,3
30 Menit	6954,0	15,9	15,9	0,0
40 Menit	6831,3	16,5	16,3	0,2
50 Menit	5941,7	18,2	17,9	0,3
Kesalahan Rata-Rata				0,03

- b. Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Pengeringan pada Beras

Tabel 4. 6 Perhitungan Kesalahan Penunjukan Kondisi Pengeringan pada Beras

Nilai Rata-Rata Penunjukan Alat Kondisi Pengeringan				
Kondisi	Frekuensi Keluaran Prototipe (Hz)	Rata-Rata Penunjukan Prototipe (%)	Rata-rata Penunjukan Kadar Air MKA Master (%)	Kesalahan Penunjukan (%)
40 Detik	9635,7	13,5	13,2	0,3
10 Menit	10229,7	11,2	11,4	-0,2

20 Menit	11366,7	8,1	8,4	-0,3
30 Menit	11938,0	6,2	6,4	-0,2
40 Menit	13021,7	3,6	3,5	0,1
50 Menit	13726,7	1,7	1,6	0,1
Kesalahan Rata-Rata				-0,03

Berdasarkan nilai kesalahan rata-rata penunjukan yang terdapat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 didapatkan nilai rata-rata kesalahan penunjukan untuk metode penguapan sebesar 0,03 dan untuk metode pengeringan sebesar -0,03. Pada metode pengeringan memiliki rata-rata kesalahan penunjukan negatif hal ini berarti secara konsisten nilai yang didapatkan berada dibawah nilai yang diharapkan. Nilai diatas didapat dari hasil percobaan dengan sampel sebanyak tiga kali untuk masing-masing kondisi dan perbedaan antara ketiga sampel tidak lebih dari 0,2% yang menunjukkan bahwa sampel tersebut homogen. Selanjutnya perhitungan BKD berdasarkan Syarat Teknis Meter Kadar Air (MKA) sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai BKD Tera ST 2010

Kadar Air Max (%)	BKD Kelas I ($\pm\%$ Kadar Air)	BKD Kelas II ($\pm\%$ Kadar Air)
18,2	$4/100 \times \text{Kadar Air} + 0,2\%$ $= 4/100 \times 18,2 + 0,2\% = 0,92$	$5/100 \times \text{Kadar Air} + 0,2\%$ $= 5/100 \times 18,2 + 0,2\% = 1,11$

Berdasarkan nilai kesalahan yang didapatkan pada tabel 4.8 dan 4.9 terhadap tabel 4.11 maka dapat disimpulkan bahwa prototipe alat ukur kadar air menggunakan sensor kapasitif ini masuk kedalam kelas I Berdasarkan data hasil perhitungan kesalahan penunjukan terhadap standar, pada kondisi sampel dengan metode penguapan air pada beras diketahui nilai kesalahan penunjukan prototipe ketika sampel pengujian paling basah yaitu untuk penguapan 50 menit sebesar (0,30). Dan untuk nilai kesalahan paling kecil terjadi pada saat pengukuran beras kering sebesar (0,10). Pada Tabel 4.9 pada pengukuran kadar air untuk sampel dengan kondisi pengeringan nilai kesalahan penunjukan paling besar pada saat pengeringan 0,4 menit atau 40 detik sebesar (0,33) dan nilai kesalahan paling kecil saat dilakukan pengeringan selama 50 menit sebesar (0,10). Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa parameter dapat mempengaruhi kesalahan diantaranya pengondisian sampel yang kurang baik dan pengondisian ruangan yang kurang maksimal.

4.4.3 Perhitungan Nilai Akurasi, Presisi dan Histerisis

Pada pengukuran nilai akurasi, presisi dan histerisis digunakan tiga kondisi pengujian yaitu kadar air 11,4%, 14,7% dan 16,3% dengan tiga puluh kali pengukuran untuk setiap kondisi kadar air

1. Perhitungan Akurasi

Pada pengujian prototipe nilai akurasi didapatkan dari pengukuran tiga titik uji dimana untuk setiap titik uji dilakukan tiga puluh kali pengukuran kadar air. Akurasi menunjukkan derajat kedekatan harga penunjukan alat ukur dengan harga penunjukan prototipe dengan mater MKA. Berikut merupakan nilai akurasi yang didapatkan :

a. Pengukuran Naik

Tabel 4. 8 Pengukuran Naik

Pengukuran Naik						
Titik Uji (%)	Hasil Pengukuran (%)	Bias	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Error (%)	Presisi (%)
11,4	11,2	0,20	0,06	96,55	3,45	98,28
14,7	14,8	-0,10	0,11	96,98	1,66	97,68
16,3	16,5	-0,20	0,06	97,59	0,04	98,83
Rata-rata		-0,03	0,08	97,04	1,72	98,26

Tabel 4. 9 Pengukuran Turun

Pengukuran Turun						
Titik Uji (%)	Hasil Pengukuran (%)	Bias	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Error (%)	Presisi (%)
16,3	16,6	-0,30	0,06	96,98	-0,66	98,84
14,7	14,9	-0,20	0,11	96,30	0,98	97,70
11,4	11,3	0,10	0,06	97,43	2,57	98,29
Rata-rata		-0,13	0,08	96,90	0,96	98,27

Pada pengukuran naik dan turun didapatkan nilai akurasi yang sangat baik yaitu seperti pada Tabel 4.12 dan 4.13. Hal ini menunjukkan bahwa penunjukan prototipe sudah mendekati penunjukan master MKA.

2. Perhitungan Presisi

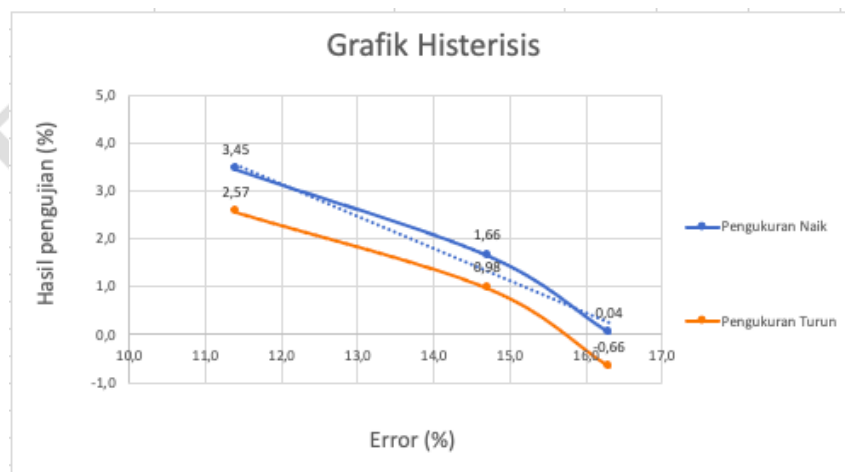
Nilai presisi didapatkan pengukuran tiga titik kadar air seperti pada tabel 4.12. Pada pengukuran naik sesuai dengan Tabel 4.13 didapatkan rata-rata nilai presisi sebesar 98,26% dan pada Tabel 4.14 pengukuran turun didapatkan rata-rata nilai presisi sebesar 98,27% dari 30 kali pengukuran. Dapat disimpulkan bahwa prototipe yang telah dibuat mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten pada pengukuran berulang.

3. Perhitungan Histerisis

Nilai histerisis didapatkan dari pengukuran tiga titik kada air seperti pada Tabel 4.11. Untuk grafik nilai histerisis didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Nilai Error Keseluruhan dan Histerisis

Error keseluruhan dan histerisis		
Titik Uji	Error Keseluruhan (%)	Histerisis (%)
11,4	1	0,9
14,7	1	0,7
16,3	1	0,7



Gambar 4. 6 Grafik Histerisis

Pada grafik histerisis di atas dapat dilihat bahwa grafik memiliki kurva yang sejajar. Lekukan pada grafik histerisis menandakan terdapat penyimpangan yang timbul pada saat dilakukan pengukuran secara kontiniu dari dua arah yang berlawanan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa hubungan titik uji dan hasil pengujian sudah cukup baik dan penyimpangan yang terjadi memiliki selisih yang cukup konsisten untuk pengukuran naik dan turun.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengerjaan pada proyek akhir ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Prototipe MKA dengan menggunakan sensor kapasitif silinder dan inti logam sudah berhasil dibuat dan dapat digunakan untuk mengukur kadar air pada komoditas beras.
2. Prototipe MKA ini memiliki resolusi 0,1% dan rentang pengukuran yang mampu di ukur berada pada rentang (1,6%-18,2%). Nilai rata-rata akurasi sebesar 96,97%, nilai rata-rata presisi sebesar 98,27%, nilai histerisi sebesar 0,9% untuk titik uji 11,4%, 0,7% untuk titik uji 14,7% dan 16,3%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut prototipe termasuk MKA kelas I.
3. Prototipe MKA memiliki nilai rata-rata kesalahan penunjukan kadar air sebesar 0,03% (Sampel Penguapan air) dan -0,03% (sampel pengeringan).

5.2 SARAN

Pada dasarnya, tujuan pembuatan prototipe pengujian MKA pada media beras untuk pengembangan dan penelitian mengenai sensor kapasitif. Untuk pengembangan lebih lanjut berikut ini adalah beberapa saran untuk alat ini, antara lain :

1. Pengembangan meter kadar air untuk pengujian berbagai macam biji-bijian
2. Melakukan penambahan rentang pengukuran kadar air sehingga dapat melakukan pengukuran berbagai tingkat kondisi bahan uji
3. Menggunakan arduino AT Mega, sehingga nilai resolusi dan pemrosesan yang dilakukan lebih cepat
4. Menggunakan power supply yang keluarannya sesuai dengan tegangan masukan (input)

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, P., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., & Alam, P. (2019). *PERANCANGAN ALAT UKUR KADAR AIR PADA BIJI KOPI DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR YL-69 BERBASIS ARDUINO DAUD SABAM SIHOTANG*.
- Astawan. (2010). *Beras*. 7–27.
- Chart, P. C. (1997). C for scientists and engineers. In *Choice Reviews Online* (Vol. 34, Issue 07). <https://doi.org/10.5860/choice.34-3910>
- Eka, N. T., Sirenden, B., Putri, R., Cholil, F. M., & Qiyaman, D. (2019). Sistem Pengukuran Volume Cairan Menggunakan Sensor Kapasitif: Studi Kasus Pada Industri Minuman Susu. *Instrumentasi*, 43(2), 115. <https://doi.org/10.31153/instrumentasi.v43i2.165>
- Elektro, L. T., & Malang, U. M. (n.d.). *BUKU PANDUAN PRAKTIKUM (DARING) ELEKTRONIKA*.
- Faradiba. (2020). Metode Pengukuran Fisika. *Modul*, 1–80. http://share.its.ac.id/pluginfile.php/303/mod_resource/content/1/KESALAHAN_PENGUKURAN.pdf
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, S. F., Febriani, N., Fitri, Y., & Wirman, S. P. (2017). Pentingnya Akurasi Dan Presisi Alat Ukur Dalam Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 1(2), 60–63. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v1i2.237>
- Gelar, M., Pendidikan, S., Studi, P., Fisika, P., & Sulu, Y. G. (2018). *Pengukuran konstanta dielektrik pada minyak goreng dan minyak trafo menggunakan oskiloskop dan logger pro*.
- Haryadi, Y. (2010). Peranan Penyimpanan Dalam Menunjang Ketahanan Pangan. *Pangan*, 19(4), 345–359.
- Jarak, V., Elektrode, A., & Temperatur, D. A. N. (2009). Pengujian Kekuatan Dielektrik Minyak Sawit Dan Minyak Castrol Menggunakan Elektrode Bola-Bola Dengan Variasi Jarak Antar Elektrode Dan Temperatur. *Transmisi*, 11(1), 23–36. <https://doi.org/10.12777/transmisi.11.1.23-36>
- Mangiri, J., Mayulu, N., & Kawengian, S. E. S. (2016). GAMBARAN KANDUNGAN ZAT GIZI PADA BERAS HITAM (*Oryza sativa* L.) KULTIVAR PARE AMBO SULAWESI SELATAN. *Jurnal E-Biomedik*, 4(1), 2–6. <https://doi.org/10.35790/ebm.4.1.2016.11050>

- Percobaan, T., Percobaan, P., Thermografimetri, M., Thermovolumetri, M., & Percobaan, T. (2018). *Mia Lektriani Mia Lektriani*. 1–12.
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. (2019). Implementasi Alat Pendeteksi Kadar Air pada Bahan Pangan Berbasis Internet Of Things. *SMARTICS Journal*, 5(2), 81–96. <https://doi.org/10.21067/smartics.v5i2.3700>
- Rohmani, A. (n.d.). *Data dan Informasi*.
- Savero, E., Soelistianto, F. A., & Hudiono. (2018). UJI KUALITAS KADAR AIR BENIH JAGUNG DENGAN METODE KAPASITIF Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital , Teknik Elektro ,. *Jartel*, 7(2), 68–73.
- Siswoko, & Singgih, H. (2017). DISAIN PROTOTYPE ALAT UKUR KADAR AIR PADA BIJI-BIJIAN (GABAH, JAGUNG & KEDELAI) MENGGUNAKAN METODE KAPASITIF. *Jurnal ELTEK*, 15(April 2017).
- Soerjandoko, R. N. E. (2010). Teknik Pengujian Mutu Beras Skala Laboratorium. *Buletin Teknik Pertanian* , 15(2), 44–47. <http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/publikasi/bt152102.pdf>
- ST, M. (2010). *ST MKA*. 40.
- Theory, Z., How, Business, Meet, J., Challenge, W. G., & Ouchi. (1981). Kimia Bahan Makanan. *Oleh Edgar H. Schein*, 9(1), 1–54.