

**PEMBUATAN ALAT UKUR TINGKAT MANIS BUAH MANGGA
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITOR SEMI SILINDER**

Skripsi

Oleh
Desy Setianingsih
1817041016



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

ABSTRAK

PEMBUATAN ALAT UKUR TINGKAT MANIS BUAH MANGGA MENGUNAKAN SENSOR KAPASITOR SEMI SILINDER

Oleh

Desy Setianingsih

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan alat ukur tingkat manis buah mangga menggunakan sensor kapasitor berbentuk semi silinder yang akan melingkari bagian buah dan mampu melakukan pengukuran agar memperoleh hasil yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat ukur tingkat manis buah menggunakan sensor kapasitor semi silinder sebagai sensor tingkat manis buah mangga. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan masukan frekuensi pada sensor kapasitor menggunakan modul osilator IC XR-2206 dengan variasi frekuensi 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz dan 500 kHz. Tingkat manis buah mangga diukur menggunakan *Pocket refractometer Otago PAL-a*. Karakterisasi sensor kapasitor semi silinder dilakukan pada 10 buah mangga. Hasil pengukuran pada frekuensi 100 kHz memiliki *range* tegangan yang paling luas dibandingkan frekuensi lainnya. *Range* tegangan pada frekuensi 100 kHz sebesar 653,4 mV, pada rentang kadar gula 15,3 – 17,7%. Tegangan keluaran sensor kapasitor semi silinder dari rangkaian pengkondisi sinyal memiliki hubungan linier dengan tingkat manis buah mangga. Semakin naik kadar gula buah mangga maka semakin tinggi tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan persamaan $y = 266,89x - 3771,1$ dan koefisien korelasi sebesar 0,9841% pada frekuensi 100 kHz. Diperoleh kesimpulan pada pengujian alat tingkat manis buah mangga pada nilai brix 14,0 – 15,1% dinyatakan asam, sedangkan pada nilai brix 17,5 – 18,4% dinyatakan manis. Hasil pengujian alat memperoleh nilai akurasi rata-rata sebesar 98,41%, nilai presisi sebesar 98,86%, dan nilai *error* rata-rata sebesar 1,59%.

Kata kunci: Tingkat manis, mangga, sensor, kapasitor, semi silinder.

ABSTRAC

DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT TOOL FOR SWEETNESS LEVELL OF MANGO FRUIT USING SEMI-CYLINDRICAL CAPACITIVE SENSOR

By

Desy Setianingsih

Research has been conducted on the development of a measuring device for the sweetness level of mango fruit using a semi-cylindrical capacitor sensor that will encircle the fruit and capable for performing measurements to obtain optimal results. The objective of this research is to create a measuring device for fruit sweetness using a semi-cylindrical capacitor sensor as a sensor for measuring the sweetness level of mango fruit. This research was conducted by inputting frequencies to the capacitor sensor using the Xr-2206 IC module, with variations in frequency at 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, and 500 kHz. The sweetness level of mango fruit was measured using the Pocket refractometer Otago PAL- α . The characterization of semi-cylindrical capacitive sensor was conducted on 10 mangoes. The measurement results at a frequency of 100 kHz have the widest voltage range compared to other frequencies. The voltage range at a frequency of 100 kHz is 653.4 mV, within the sugar content range of 15.3 – 17.7%. The output voltage of the semi-cylindrical capacitive sensor from the signal conditioning circuit has a linear relationship with the sweetness level of the mango fruit. As the sugar content of the mango fruit increases, the output voltage generated by the sensor increases accordingly, following the equation $y = 266.89x - 3771.1$, with a correlation coefficient of 0.9841% at a frequency of 100 kHz. The conclusion obtained from testing the device for measuring the sweetness level of mango fruit is that at a Brix value of 14.0 – 15.1% it is classified as acidic, while at a Brix value of 17.5 – 18.4%, it is classified as sweet. The tool testing resulted in an average accuracy value of 98.41%, a precision value of 98.86%, and an average error value of 1.59%.

Keyword: *Sweetness level, mango, sensor, capacitor, semi-cylindrical.*

**PEMBUATAN ALAT UKUR TINGKAT MANIS BUAH MANGGA
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITOR SEMI SILINDER**

Oleh

Desy Setianingsih

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PEMBUATAN ALAT UKUR TINGKAT MANIS BUAH MANGGA MENGGUNAKAN SENSOR KAPASITOR SEMI SILINDER**

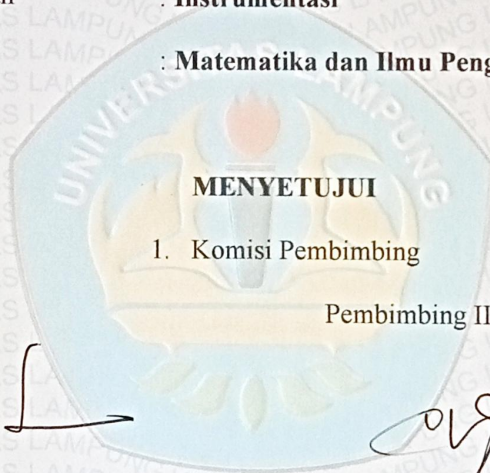
Nama Mahasiswa : **Desy Setianingsih**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041016**

Program Studi : **Fisika**

Bidang Keahlian : **Instrumentasi**


Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




1. Komisi Pembimbing

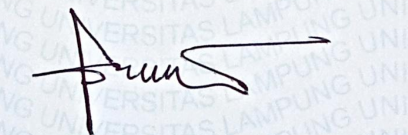
Pembimbing I

Pembimbing II


Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng
NIP. 197109092000121001


Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252018032018

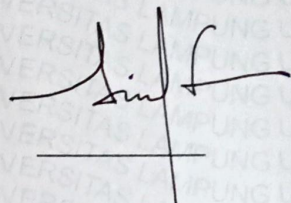
2. Ketua Jurusan Fisika


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 19801010 200501 1 002

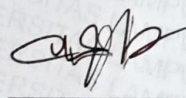
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

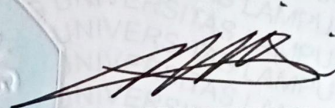
Ketua : **Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**



Sekretaris : **Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**

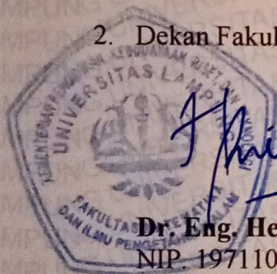
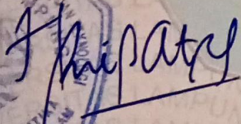


Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **13 Juli 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Juli 2023



Desy Setianingsih
NPM. 1817041016

RIWAYAT HIDUP



Desy Setianingsih lahir di Serang pada tanggal 30 Desember 2000. Penulis merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Tb. Oji Sahruroji dan Ibu Tariah. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN Panancangan 3 Kota Serang tahun 2012, MTsN 1 Kota Serang tahun 2015 dan MAN 1 Kota Serang tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN tahun 2018.

Selama menempuh Pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang Minat dan Bakat (2018 – 2019). Penulis pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Dasar.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Workshop Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat pernah penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2021 di Desa Sawarna Kecamatan Bayah Kabupaten Lebak Provinsi Banten. Penulis melaksanakan penelitian untuk Menyusun skripsi dengan judul “**Pembuatan Alat Ukur Tingkat Manis Buah Mangga Menggunakan Sensor Kapasitor Semi Silinder**” dibawah bimbingan Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. dan Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya” –
QS. Al- Baqarah : 286.

“Terkadang orang dengan masa lalu paling kelam akan menciptakan masa depan
paling cerah.” – Umar bin Khattab.

“Tubuhku tidak tahu bagaimana caranya menyerah. Sekali lagi hari ini, aku
melampaui diriku sendiri. Perhatikan baik-baik, jalan yang kita lalui akan tetap
sebagai sejarah. Kita berbeda dari orang lain” – *Burn It Up*, Wanna One.

“Jangan ragu, majulah! Tidak ada waktu, masa depan tergantung pada
imajinasimu. Buang rasa takut, kau bisa melakukannya, tidak apa-apa, semua
kunci ada di tanganmu.” - *Power*, EXO.

“Tidak peduli seberapa terlambat kamu dalam hidup. Lakukan apapun yang
menurutmu benar dan bersikaplah ikhlas. Niscaya Tuhan akan memberikan hal-
hal yang kau inginkan saat waktunya telah tiba” – Munir.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, kupersembahkan skripsi ini untuk semua orang yang ku sayangi dan ku cintai.

Bapak Tb. Oji Sahruroji dan Ibu Tariah

Kedua orangtuaku yang telah melahirkan, membesarkan, mendidik, serta menjadi penyemangat aku dalam menjalani hidup selama ini

Tb. Sandi Aditia dan Ratu Oti Siti Rohmah

Kakak-kakakku tersayang yang telah memberikan semangat dan dukungan kepadaku sehingga aku mampu menyelesaikan Pendidikan S1

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepadaku

Serta almamaterku tercinta

“Universitas Lampung”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Alat Ukur Tingkat Manis Buah Mangga Menggunakan Sensor Kapasitor Semi Silinder”** yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Instrument Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang sensor kapasitor semi silinder, tingkat manis buah mangga, dan linearitas hubungan antara gula dan tegangan. Pada skripsi ini dilakukan sebuah penelitian untuk membuat alat ukur tingkat manis buah mangga menggunakan sensor kapasitor semi silinder dan mencari hubungan linearitas antara manis buah dengan tegangan yang diperoleh dari alat yang sudah dibuat dalam penelitian ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 13 Juli 2023

Penulis

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi hikmat karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pembuatan Alat Ukur Tingkat Manis Buah Mangga Menggunakan Sensor Kapasitor Semi Silinder”. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingannya dan nasihat dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, waktu, tenaga, motivasi serta arahan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.T selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis dalam melakukan penelitian di lingkungan kampus.
5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
6. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
7. Orang tua Bapak Tb. Oji Sahruroji dan Ibu Tariah yang selalu memberi semangat dan kasih sayang kepada penulis.

8. Kakak-kakakku Tb. Sandi Aditia dan Ratu Oti Siti Rohmah yang selalu memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis.
9. Sahabat-sahabatku yang sangat baik hati, Grace Pricilya Michiko, Nindya Aisah Indriyani, Silvi Indah Kusuma Wardani, Juana Santika, Monica Karnailia, Hauzan Khoirullah, Ahmad Saiful Munir dan Tirana Dewi Aswanda. Terima kasih untuk segala bantuan kalian baik dari segi kehangatan, kebersamaan dan kesusahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Anggota EXO yang selalu menghibur penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terkait	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1 Mangga	6
2.2.2 Sensor Kapasitif	13

2.2.3 Hubungan Gula dengan Dielektrik Bahan.....	20
2.2.4 Osilator	21
2.2.5 Arduino Uno	27
2.2.6 Refraktometer	29
III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.2. Alat dan Bahan.....	33
3.3. Rancangan Prosedur Penelitian.....	33
3.3.1 Perancangan Sistem Pada Alat	34
3.3.2 Perancangan Mekanik	35
3.3.3 Perancangan Sensor.....	36
3.3.4 Perancangan Sistem.....	37
3.3.5 Pengambilan Data Tegangan Buah Mangga	38
3.3.6 Pengukuran Nilai Brix Buah Mangga dengan Refraktometer.....	38
3.3.7 Analisis Hubungan Tegangan dengan Nilai Brix	38
3.3.8 Pengujian Alat	39
3.4 Rancangan Data Hasil Pengukuran.....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil Rancangan Sensor Kapasitor Semi Silinder.....	42
4.2 Alat Ukur Tingkat Manis Buah Mangga	43
4.3 Karakterisasi Sensor Semi Silinder.....	45
4.4 Pemrograman Arduino Uno	47
4.5 Pengujian Alat.....	52
V. SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Simpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Mangga golek	8
2.2. Mangga arumanis	9
2.3. Mangga manalagi	9
2.4. Mangga madu	10
2.5. Mangga lalijiwo	11
2.6. Mangga gedong gincu	11
2.7. Kapasitor dengan muatan +Q dan -Q	14
2.8. Jenis kapasitor.....	15
2.9. Kapasitor pelat-sejajar	15
2.10. Sensor kapasitif semi silinder	16
2.11. Sensor kapasitif semi silinder tampak atas	17
2.12. Efek dielektrik diantara pelat diukur dengan electrometer.....	19
2.13. Umpan balik positif	22
2.14. Rangkaian dasar osilator.....	23
2.15. Osilator jembatan wien.....	24
2.16. Pin IC XR2206	26
2.17. Arduino Uno	28
2.18. Prinsip kerja refraktometer	31
2.19. <i>pocket refractometer otago PAL-a</i>	31
3.1 Diagram alir penelitian	34
3.2 Diagram blok perancangan alat	35
3.3 Perancangan alat	36
3.4 Perancangan sensor.....	36
3.5 Rangkaian perancangan sistem.....	37

3.6	Grafik hubungan tegangan terhadap kadar gula	41
4.1	Sensor kapasitor semi silinder	42
4.2	Rangkaian keseluruhan alat	43
4.3	Alat ukur tingkat manis buah mangga	44
4.4	Tampilan pengukuran tegangan buah mangga pada alat	45
4.5	Grafik regresi linear tegangan keluaran terhadap kadar gula	46
4.6	Grafik pengujian alat	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Data hasil analisis kadar gula sukrosa buah mangga	12
2.2. Keterangan pin IC XR2206.....	27
2.3. Perbandingan nilai brix pada buah-buahan	30
3.1. Rancangan data pengukuran kapasitor semi silinder	40
4.1. Tegangan keluaran kapasitor semi silinder terhadap kadar gula buah mangga pada 4 frekuensi osilator berbeda	45
4.2 Data hasil pengujian alat	52
4.3 Perbandingan metode mengukur tingkat manis buah mangga.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangga (*Mangifera indica*) merupakan produk buah unggulan dengan tingkat produksi yang relatif tinggi. Buah tropis yang berasal dari India ini memang sudah umum dan digemari oleh masyarakat Indonesia dan termasuk komoditas buah unggulan nasional yang berperan sebagai sumber vitamin dan mineral, meningkatkan pendapatan petani dan mendukung perkembangan industri dan ekspor (Erwanto, 2010). Tanaman mangga tumbuh dengan baik di dataran rendah dan daerah panas. Namun, ada juga yang dapat tumbuh di daerah dengan ketinggian hingga 600 mdpl (Sanjaya & Rosadi, 2018).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, (2021) Pada tahun 2019, produksi buah mangga di Indonesia mencapai 2,8 juta ton, meningkat mencapai 7,69% daritahun sebelumnya. Provinsi Lampung sendiri berada diposisi kelima untuk sentra produksi mangga di Pulau Sumatra, namun mengalami penurunan di tahun 2020. Pada tahun 2019, Lampung mampu memproduksi mangga sebesar 25.547 ton, dan di tahun 2020 mengalami penurunan menjadi 21.849 ton.

Terdapat berbagai jenis buah mangga, salah satunya adalah mangga arumanis. Mangga arumanis merupakan jenis yang mudah ditemukan di berbagai daerah termasuk Lampung, dengan ciri-ciri bentuk buah yang bulat dan panjang rata-rata sekitar 15 cm, pada ujung buahnya runcing dan terlihat lekukan. Daging buahnya yang tebal, berwarna kuning dan sedikit berserat (Pracaya, 2011) dengan kadar air 86,6% (Haskarini *et al.*, 2019) dan memiliki rata-rata kadar gula paling tinggi diantara mangga lainnya (Kartikorini, 2016). Buah mangga yang matang memiliki kandungan gula berkisar 7-12%, namun jenis mangga manis dapat mencapai 16-18% (Pracaya, 2005).

Setiap buah memiliki ciri kematangan yang berbeda-beda. Kematangan buah secara umum dapat dilihat dari ukuran, aroma, warna, dan kekerasan. Pada buah mangga, banyak jenis mangga berdampak pada keberagaman cara menentukan kematangan. Hal itulah yang menjadi permasalahan bagi masyarakat. konsumen sering kali tertipu ketika membeli mangga, karena warna kulit pada buah mangga tidak dapat menentukan tingkat manis dari mangga tersebut. oleh sebab itu dibutuhkan alat untuk membantu masyarakat dalam menentukan mangga dengan rasa yang manis.

Selama ini untuk mengetahui kematangan mangga dilakukan secara manual dengan menggunakan panca indera yaitu melihat warna, mencium aroma dan merasakan tekstur buahnya. Namun, untuk menentukan rasa manis pada buah tidak dapat dilihat secara visual. Di Indonesia, sudah terdapat beberapa penelitian tentang mengukur kematangan dan kemanisan mangga. Salah satunya penelitian yang telah dilakukan oleh Adhimatoro, 2014 dengan pemilihan sinyal ultrasonik menggunakan bantuan perhitungan logika fuzzy dan foto buah untuk mengambil citra buah (Yuliana, 2016; Ichwan *et al*, 2019) masih terdapat kekurangan. Hal ini dikarenakan penggunaan sinyal ultrasonik hanya dapat menentukan tingkat kematangan dari buah mangga, namun tidak dengan rasa manis buah tersebut, untuk pengambilan dengan citra warna yang telah dilakukan dengan kamera hanya memperlihatkan kondisi luar buah dan tidak memperoleh kondisi kadar gula di dalam buah mangga dengan akurat. Oleh karena itu diperlukan metode lain untuk menentukan kematangan dan tingkat manis buah mangga yang lebih akurat. Metode kapasitansi telah diteliti untuk mendeteksi kematangan buah mangga dan pir oleh Arriesaputra, 2020. Pada uji kematangan buah, didapatkan pada rentang frekuensi rendah semakin besar nilai impedansi maka semakin matang buah tersebut.

Cara kerja pada metode ini, buah diletakkan di dalam sensor sehingga berfungsi sebagai bahan dielektrik. Kandungan manis buah mangga diasumsikan sebagai variabel sifat dielektrik bahan. Oleh karena itu, sinyal tegangan AC akan berubah-ubah mengikuti kandungan manis buah mangga. Metode ini menggunakan rangkaian jembatan AC sebagai pengkondisi sinyal sensor maka sinyal tegangan keluaran yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan tingkat manis buah

mangga. Prinsip fisika inilah yang akan mendasari cara kerja instrumen pengukur tingkat manis buah mangga menggunakan sensor kapasitif dan merupakan metode baru sensor pendeteksi tingkat manis buah mangga.

Berdasarkan permasalahan yang ada dan untuk mendukung penelitian yang dilakukan oleh Naisa (2019) maka dilakukan penelitian ini untuk membuat alat ukur tingkat manis buah mangga arumanis menggunakan sensor kapasitif berbentuk semi silinder. Pada penelitian ini digunakan sensor kapasitansi semi silinder sehingga sensor akan melingkari seluruh bagian buah dengan harapan sensor mampu melakukan pengukuran diseluruh sisi buah agar memperoleh hasil yang optimal. Alat ini dilengkapi dengan Arduino sebagai pengolah sinyal tegangan keluaran sensor, yang mengubah nilai tingkat kemanisan buah mangga dalam bentuk angka berupa nilai tegangan dan keterangan apakah buah tersebut manis atau tidak, dan akan ditampilkan pada layar LCD untuk dibaca oleh pengguna. Buah yang digunakan dalam penelitian sebagai bahan dielektrik adalah buah mangga arumanis, karena buah mangga arumanis relatif mudah ditemukan di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana desain kapasitor semi silinder sebagai sensor tingkat manis buah mangga?
2. Bagaimana hubungan antara tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal kapasitor dengan nilai brix pada refraktometer?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat kapasitor semi silinder sebagai sensor tingkat manis buah mangga.
2. Membuat alat ukur tingkat manis buah mangga menggunakan sensor kapasitor semi silinder.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah tersedianya alat ukur tingkat kemanisan buah mangga tanpa merusak buah tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan adalah sensor kapasitor semi silinder yang terbuat dari pelat tembaga;
2. Sampel yang digunakan adalah buah mangga arumanis;
3. Generator sinyal yang digunakan yaitu osilator modul IC XR2206;

BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Penelitian Terkait

Adhimantoro (2014) menggunakan ultrasonik dan *logika fuzzy* untuk mengukur kematangan buah. Sinyal ultrasonik yang dipantulkan pada frekuensi yang berbeda digunakan untuk mengukur kadar air dan tekstur, yaitu menggunakan frekuensi 45 kHz dan 35 kHz. Penelitian ini dibatasi pada buah alpukat, mangga dan pepaya. Hasil dari penelitian ini adalah berupa alat yang memancarkan sinyal ultrasonik dan membaca pantulannya, serta aplikasi MatLab untuk melakukan pemrosesan *logika fuzzy*. Analisa menggunakan perhitungan statistik menghasilkan bahwa ada hubungan yang kuat dan linier antara kadar air dan tekstur buah dengan tingkat kematangan buah. Namun, pengukuran ini tidak dapat mengidentifikasi rasa manis dari buah tersebut.

Penelitian lainnya menganalisis rasa buah mangga berdasarkan citra warna RGB (*Red-Green-Blue*) menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dilakukan oleh Yuliana *et al* (2016). Dalam metode ini pengambilan sampel citra mangga menggunakan kamera digital dengan resolusi 8 megapiksel kemudian mengekstraksi citra buah untuk mendapatkan nilai RGB selanjutnya pembagian data dibagi menjadi 2 kelompok yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* yang dipakai untuk tahap pelatihan menggunakan JST *Backpropagation*. Penelitian ini menggunakan nilai RGB dari citra buah mangga gedong gincu dan berhasil mendapatkan akurasi sebesar 66.6%, tetapi proses ini tidak dapat mengidentifikasi rasa manis dari buah tersebut dengan baik.

Kemudian Ichwan *et al* (2018) menganalisis tingkat kemanisan buah mangga menggunakan pengolahan citra berdasarkan citra warna buah dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) dan *K-Nearest Neighbour* (K-NN).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengambil gambar buah yang telah dikupas dengan kamera, kemudian sistem secara otomatis memotong gambar dan dikonversi ke dalam ruang warna, selanjutnya citra buah diklasifikasi menggunakan metode K-NN atau SVM yang hasilnya akan dibandingkan dengan keluaran dari refraktometer. Hasil dari penelitian ini diperoleh tingkat akurasi atau kesesuaian sistem pengenalan tingkat kemanisan mangga berdasarkan citra warna buah menggunakan metode K-NN sebesar 83,3% sedangkan dengan metode SVM sebesar 87,5%. tetapi proses menentukan tingkat manis buah mangga dengan metode SVM dan K-NN sulit diaplikasikan dengan jumlah yang sangat besar serta sulit mengklasifikasi pola-pola yang tersebar acak.

Sementara Naisa (2019) mengukur kadar gula pada buah jeruk menggunakan kapasitor semi silinder. Sampel buah jeruk diletakkan di antara dua buah pelat sebagai sensor. Sensor melingkari seluruh bagian buah diharapkan mampu memperoleh hasil yang lebih akurat. Dalam penelitian ini menggunakan modul osilator IC XR-2206 sebagai pembangkit sinyal tegangan AC yang dihubungkan ke kapasitor semi silinder dengan variasi frekuensi sebesar 1 kHz, 10 kHz dan 100 kHz, kemudian sinyal keluaran dikonversi menjadi arus DC dengan dioda *bridge* yang berada di rangkaian penyearah gelombang. Data yang diperoleh pada frekuensi 100 kHz sebesar 74 - 125 mV. Hasil dari penelitian ini menanggapi tegangan keluaran yang diperoleh memiliki korelasi yang kuat dengan hasil kadar kemanisan buah jeruk yang dilakukan menggunakan *pocket refractometer*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Mangga

Mangga (*Mangifera Indica L.*) yang berkembang di Indonesia diperkirakan berasal dari India yang dipercaya pemeliharannya telah ada seiring peradaban India. Sejarah pun mencatat bahwa mangga pertama kali ditemukan oleh Alexander Agung di lembah Indus, India. Sedangkan orang pertama yang menulis mengenai mangga di India diperkirakan Huien T'Sang, yakni pada tahun 632-645 SM. Kata mangga sendiri berasal dari Bahasa Tamil, India yaitu *mangas* atau *man-kay*

(Pracaya, 2011). Dalam tata nama atau taksonomi tumbuhan, tanaman mangga diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub-divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Anacardiales
Famili : Anacardiaceae (mangga-mangga)
Genus : *Mangifera*
Species : *Mangifera indica* Linn (Rukmana, 1997).

Buah mangga termasuk dalam kelompok buah berbiji yang berdaging, dimana memiliki panjang buahnya sekitar 2,5-30 cm. Buah mangga terdiri dari 3 bagian utama yaitu: kulit buah, daging buah, dan biji. Kulit buah cukup tebal, dan berwarna hijau, kekuningan, atau kemerahan. Daging buahnya berwarna jingga kemerahan, kuning atau kuning pucat dengan tekstur berair dan baunya menyengat hingga samar. Biji buah berwarna putih memiliki 2 bagian menjadi satu dan ditutupi dengan endokarp yang tebal. Mangga yang matang biasanya berukuran besar dan berbentuk bulat memanjang serta dipenuhi bitnik pada permukaannya. Mangga yang matang relatif lunak saat ditekan, tetapi tidak terlalu lembek karena berarti sudah busuk. Umumnya mangga akan matang setelah 3-4 bulan berubah. Selain dari umur buahnya ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui mangga matang. Cara tersebut dapat berupa melihat tampilan buah, merasakan kepadatan buahnya, hingga mencium aromanya. Selain itu kematangan mangga dapat dilihat dari kandungan air didalamnya, tingkat kematangan mangga memiliki hubungan yang linier dengan kandungan air didalamnya (Adhimantoro, 2014).

2.2.1.1 Jenis dan Varietas Mangga

Di Indonesia terdapat beberapa jenis dan varietas mangga komersial yang dikenal dengan kualitas yang baik, dan masing-masing varietas mangga dapat dibedakan berdasarkan ukuran, warna daging, rasa, aroma, karakter, dan bentuk buah. Selain itu juga data dibedakan berdasarkan sifat pohon, ukuran dan bentuk daun. Dari

sejumlah mangga di Indonesia ada beberapa jenis dan varietas mangga komersial yang sudah terkenal bagus mutunya, antara lain mangga golek, mangga arumanis, mangga manalagi, mangga madu, mangga lalijiwo (Pracaya, 2011), dan mangga gedong gincu (Ashari, 2017).

a. Golek

Mangga golek berasal dari Sebangi, Pasuruan, populasi mangga golek terbanyak ada di Kabupaten Pasuruan dan Probolinggo (Ashari, 2017). Mangga golek akan berbunga pada bulan juli-agustus dan dapat dipanen bulan september-november. Bentuk dari buah mangga golek ditunjukkan pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2.1 Mangga golek (Pracaya, 2011).

Buah mangga golek berujung runcing dengan berat per buah bisa mencapai 500 g dan panjang buah sekitar 17 cm. Permukaan kulit buah terdapat bintik-bintik kelenjar berwarna putih kehijauan yang akan berubah menjadi putih cokelat tua setelah masak. Daging buah nya tebal, lunak, berwarna kuning tua, tidak berserat, tidak berair, beraroma cukup harum, serta memiliki rasa manis. Bijinya berserat pendek serta berbentuk pipih memanjang (Pracaya, 2011).

b. Arumanis

Disebut mangga arumanis karena baunya harum (arum) dan rasanya manis. Buah yang telah tua berkulit hijau tua tertutup lapisan lilin sehingga warnanya seperti hijau kelabu. Bentuk dari buah mangga arumanis ditunjukkan pada **Gambar 2.2** berikut.



Gambar 2.2 Mangga arumanis (Pracaya, 2011).

Pada buah yang sudah masak, pangkalnya berwarna hijau kekuningan dengan ketebalan kulit sedang. Pada permukaan kulit terdapat bintik-bintik kelenjar berwarna putih kehijauan. Bobot buah arumanis rata-rata bisa mencapai 450 g per buah. Bentuk buah bulat panjang dengan panjang rata-rata 15 cm. Pada ujung buah terdapat paruh dan sinus (lekukan) yang terlihat jelas. Daging buahnya tebal lunak, berwarna kuning, dan tidak berserat. Beraroma harum dan memiliki rasa yang manis (walaupun pada bagian ujungnya terkadang masih terasa asam), selain itu, buah mangga arumanis tidak terlalu berair. Bijinya berbentuk pipih, berserat pendek, dan panjang sekitar 13 cm (Pracaya, 2011). Musim berbuahnya pada bulan Agustus hingga bulan Desember, dan dapat dipanen setelah 70-115 hari setelah bunga bermekaran (Satuhu, 2000).

c. Manalagi

Mangga manalagi berasal dari Pasuruan dan ditanam dari biji. Ukuran buah mangga manalagi terbesar diantara mangga unggul lainnya, beratnya dapat mencapai 900 gram, panjang buah nya mencapai 15 cm dengan lebar 9 cm dan tebalnya sekitar 8 cm (Ashari, 2017). Bentuk dari buah mangga manalagi ditunjukkan pada **Gambar 2.3** berikut.



Gambar 2.3 Mangga manalagi (Pracaya, 2011).

Daging buahnya tebal, tak begitu berair, berserat halus, berwarna kuning, dan lunak. Rasanya manis, segar, dan beraroma harum. Masa panen mangga manalagi pada bulan sseptember-november. Buah yang sudah tua, walaupun belum masak rasanya sudah enak dan manis. Oleh karena itu, buah ini sering juga dimakan dalam kondisi masih keras, tetapi daging buahnya sudah terlihat menguning. Peloknya besar, memiliki panjang sekitar 14 cm dan berserat pendek (Pracaya, 2011).

d. Madu

Rasanya yang semanis madu lebah membuat mangga ini disebut mangga madu. Buah nya berbobot sekitar 375 gram per buah, memiliki panjang sekitar 10,5 cm, dan berbentuk bulat panjang dengan pangkal dan pucuk buah bulat. Bentuk buah mangga madu ditunjukkan pada **Gambar 2.4** berikut.



Gambar 2.4 Mangga madu (Pracaya, 2011).

Kulit buah halus, berlilin dan permukaannya terdapat bintik-bintik kelenjar berwarna putih kehijauan, jika sudah masak pangkalnya berwarna kuning kemerah-merahan dengan ujung buah masih berwarna hijau. Daging buah yang berwarna kuning dan bagian dalamnya akan terlihat berwarna kuning tua seperti warna madu, sedikit berserat, kadar airnya sedang, dan beraroma harum. Biji nya berserat pendek dan memiliki panjang sekitar 9 cm (Pracaya, 2011).

e. Lalijiwo

Mangga lalijiwo dalam bahasa Jawa *Lali* berarti lupa dan *jiwo* berarti jiwa, karena setelah makan buah mangga tersebut dan merasakan enaknya, orang bisa lupa terhadap jiwa atau dirinya sendiri. Bentuk dari buah mangga lalijiwo dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut.



Gambar 4.5 Mangga lalijiwo (Pracaya, 2011).

Berat buah mangga lalijiwo sekitar 200 gram per buah, berbentuk bulat panjang, dan memiliki panjang sekitar 7 cm. Ujung buah berparuh dan berlekuk sedikit. Warna kulit saat masak adalah hijau tua dan terdapat bintik-bintik kelenjar putih kehijauan. Daging buah berwarna kuning tua, berkadar air hanya sedikit, beraroma kurang harum, dan memiliki rasa yang manis (Pracaya, 2011).

f. Gedong Gincu

Mangga gedong gincu banyak ditemukan tumbuh di Kabupaten Majalengka, Kabupaten Indramayu dan Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Keunggulan dari buah ini antara lain warna kulit kemerahan, memiliki rasa manis keasaman serta aroma harum. Bentuk dari buah mangga gedong gincu ditunjukkan pada **Gambar 2.6** berikut.



Gambar 2.6 Mangga gedong gincu (Ashari, 2017).

Kulit buahnya kuning kemerahan dan tebal. Buahnya berbentuk bulat, panjang sekitar 10 cm, lebar 8 cm, dan tebal sekitar 6 cm. Bobot buahnya berkisar antara 200-240 gram. Buah ini kaya vitamin, terutama vitamin C, juga serat, gula, karbohidrat, kalsium dan zat besi. Pohon mangga gedong gincu cocok ditanam di dataran rendah sampai menengah, pada ketinggian 0-500 meter (Ashari, 2017).

2.2.1.2 Kandungan gula pada Buah Mangga

Karbohidrat dari daging buah mangga terdiri dari monosakarida (gula sederhana), tepung, dan selulosa. Gula sederhana yaitu sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Gula tersebut memberikan rasa manis dan energi yang dapat segera digunakan oleh tubuh. Zat tepung mangga matang lebih sedikit dari pada mangga mentah, karena sebagian besar tepung diubah menjadi gula. Sebagian besar energi dalam mangga berasal dari karbohidrat dalam bentuk gula, yang membuatnya lebih manis. Kandungan gula ini didominasi oleh sukrosa. Kandungan gula mangga sekitar 7-12%. Namun, jenis mangga manis dapat mencapai 16-18% (Pracaya, 2005).

Buah mangga terasa manis atau asam dikarenakan ada perbandingan antara kadar gula dengan kadar asam. Jika kandungan gulanya lebih dominan, maka rasa buahnya manis. Mangga bisa berbuah manis atau asam, tergantung faktor dalam dan luar. Faktor dalam adalah faktor genetik seperti keturunan mangga itu sendiri misal mangga yang dihasilkan dari indukan yang manis maka buah yang dihasilkan akan manis pula. Selain itu rasa manis juga dipengaruhi dari jumlah kandungan air dalam mangga, semakin banyak kandungan air dibandingkan kandungan gula mangga akan terasa hambar. Sedangkan faktor luar meliputi kondisi tanah dan iklim, cara pemeliharaan dan umur petik buah. Tingkat kematangan juga akan mempengaruhi rasa manis pada buah mangga.

Dari hasil penelitian Kartikorini (2016) di Laboratorium Kimia Kesehatan Program Studi Analisis Kesehatan terhadap 25 sampel mangga maka didapatkan nilai rata-rata kadar gula sukrosa pada buah mangga berdasarkan varietasnya, seperti pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Data hasil analisis kadar gula sukrosa buah mangga

Kode Sampel	Kadar gula (sukrosa) berdasarkan varietas Mangga (%)				
	Madu	Manalagi	Gadung	Kwenii	Arumanis
1	25.64%	17.58%	9.82%	21.22%	36.90%
2	25.64%	17.58%	9.82%	20.86%	36.38%
3	24.57%	15.52%	7.78%	20.175	36.38%
4	24.57%	14.99%	6.19%	19.67%	34.75%
5	24.03%	14.99%	6.19%	19.15%	34.75%
Rata-rata	24.89%	16.13%	7.69%	20.21%	35.83%

(Kartikorini, 2016).

Berdasarkan hasil rata-rata kadar gula buah mangga, pada mangga arumanis memiliki nilai rata-rata paling tinggi hingga mencapai 35,83% karena memiliki kandungan air yang tidak terlalu banyak. Hal ini yang menyebabkan buah mangga arumanis memiliki kadar gula lebih tinggi dibanding varietas mangga lainnya.

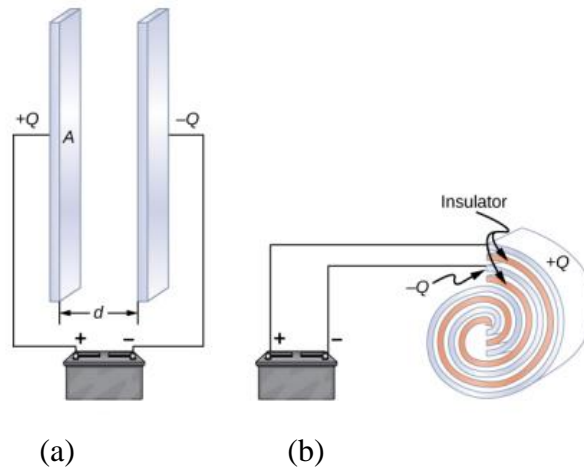
Perubahan kuantitatif terbesar yang dikaitkan dengan pemasakan biasanya adalah pemecahan polimer-polimer karbohidrat, terutama yang sering terjadi adalah konversi pati menjadi gula-gula sederhana. Hal ini mempunyai pengaruh ganda di dalam mengubah rasa dan tekstur produk. Demikian juga untuk buah non klimakterik, akumulasi gula dikaitkan dengan pengembangan mutu, sekalipun bisa diperoleh dari cairan yang diberikan kepada buah-buahan dari pada pemecahan cadangan pati dari buah (Kartikorini, 2016).

2.2.2 Sensor Kapasitif

2.2.2.1 Definisi Kapasitor

Kapasitor adalah alat yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Muatan adalah partikel penyusun atom kecuali neutron. Muatan listrik yang bergerak disebut arus listrik. Kapasitor terdiri dari setidaknya dua konduktor listrik yang dipisahkan oleh jarak. Ruang antara kapasitor adalah ruang hampa yang dikenal sebagai “kapasitor vakum”. Ruang hampa biasanya diisi dengan bahan isolasi yang dikenal sebagai bahan dielektrik. Jumlah penyimpanan dalam kapasitor ditentukan oleh sifat yang disebut kapasitansi (Ling *et al*, 2016).

Kapasitor memiliki aplikasi mulai dari menyaring listrik statis dalam penerimaan sinyal radio hingga penyimpanan energi di defibrillator jantung. Biasanya, kapasitor komersial memiliki dua bagian konduktif yang berdekatan satu sama lain tetapi tidak bersentuhan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 dielektrik digunakan di antara kedua pelat. Ketika terminal baterai dihubungkan ke kapasitor yang awalnya tidak bermuatan, potensial baterai memindahkan sejumlah kecil muatan sebesar Q dari pelat positif ke pelat negatif. Umumnya kapasitor tetap netral dengan muatan $+Q$ dan $-Q$ berada di pelat yang berlawanan (Ling *et al*, 2016).



Gambar 2.7 Kapasitor dengan muatan $+Q$ dan $-Q$ (a) kapasitor pelat sejajar terdiri dari dua pelat bermuatan berlawanan dengan luas A yang dipisahkan oleh jarak d . (b) Kapasitor gulung memiliki bahan dielektrik di antara dua lembaran (pelat) penghantarnya (Ling *et al*, 2016)

Kapasitor dengan karakteristik fisik yang berbeda (seperti bentuk dan ukuran pelat) menyimpan jumlah muatan yang berbeda pada pelat pada tegangan V yang sama. Kapasitansi C kapasitor didefinisikan sebagai rasio muatan maksimum Q yang tersimpan pada pelatnya dengan tegangan yang diberikan pada kapasitor. Dengan kata lain, kapasitansi adalah jumlah muatan per volt terbesar yang dapat disimpan dalam perangkat, seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini

$$C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan C adalah kapasitansi (F), Q adalah besarnya muatan yang disimpan di dalam pelat (C) dan V adalah tegangan yang diberikan pada pelat (V).

Satuan SI dari kapasitansi dinamakan Farad (F), untuk menghormati fisikawan Inggris abad kesembilan belas Michael Faraday. Karena kapasitansi adalah muatan per satuan tegangan, satu farad adalah satu coulomb per satu volt, atau

$$1F = \frac{1C}{1V} \dots \dots \dots (2.2)$$

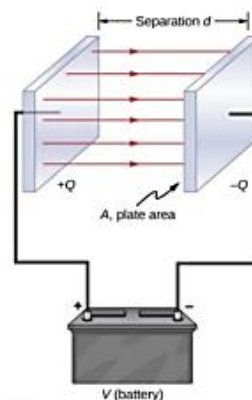
Menurut definisi, 1F mampu menyimpan muatan 1C (jumlah muatan yang sangat besar) ketika beda potensial antara pelatnya hanya 1V. Oleh karena itu, 1F adalah kapaitansi yang sangat besar. Kisaran nilai kapasitansi dari picofarad ($1pF = 10^{-12}$) hingga millifarad ($1mF = 10^{-3}$), yang juga mencakup microfarad

($1\mu F = 10^{-6}$) (Ling *et al*, 2016). Kapasitor dapat diproduksi dalam berbagai bentuk dan ukuran seperti pada **Gambar 2.8**



Gambar 2.8 Jenis kapasitor (Ling *et al*, 2016)

Salah satu bentuk sederhana dari kapasitor adalah kapasitor pelat sejajar. Sebuah kapasitor pelat sejajar terbuat dari 2 pelat konduktor yang didekatkan sehingga permukaan kedua pelat itu sejajar. Kapasitor pelat sejajar masing-masing memiliki luas permukaan A , dipisahkan oleh jarak d . Ketika tegangan V diterapkan ke kapasitor, kemudian kapasitor menyimpan muatan Q , seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.9**. Kapasitansi bergantung pada A dan d dengan mempertimbangkan karakteristik gaya coulomb. Gaya antar muatan bertambah dengan nilai muatan dan berkurang dengan jarak diantara keduanya. Semakin dekat jarak antara kedua pelat maka semakin besar daya tarik muatan berlawanan (Ling *et al*, 2016).



Gambar 2.9 Kapasitor pelat sejajar (Ling *et al*, 2016)

Kedua pelat konduktor yang sejajar masing-masing luasnya A , jarak antar pelat d , dan masing-masing pelat itu bermuatan $+Q$ dan $-Q$ pada kerapatan seragam σ . Medan listrik yang dikerahkan di antara kedua pelat (E) adalah σ/ϵ_0 , dimana σ

adalah muatan Q per luas permukaan A . Jadi besarnya medan berbanding lurus dengan Q . maka kerapatan muatan permukaan σ pada pelat adalah

$$\sigma = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Ketika jarak d antar pelat kecil, medan listrik antar pelat cukup seragam, maka persamaan medan listrik pelat sejajar adalah

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

Sehingga beda potensial antara pelat adalah

$$V = Ed = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \dots \dots \dots (2.5)$$

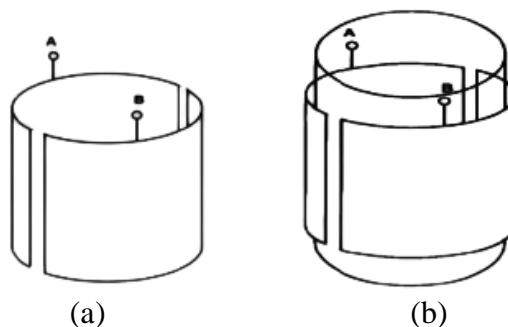
Dari **persamaan 2.1** diperoleh kapasitansi kapasitor pelat sejajar sebagai

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan E adalah medan listrik (V/m), σ adalah kerapatan muatan (C/m^2), ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12} F/m$), C adalah kapasitansi kapasitor (F), Q adalah muatan pelat (C), V adalah tegangan yang diberikan (V), A adalah luas penampang pelat (m^2) dan d adalah jarak antara kedua pelat (m) (Ling *et al*, 2016).

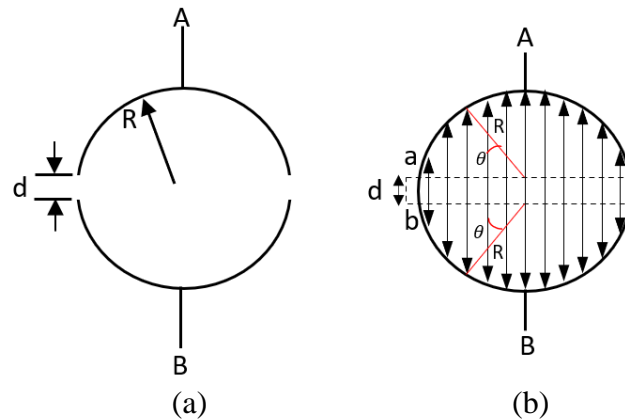
2.2.2.2 Sensor Kapasitansi Semi Silinder

Sensor kapasitansi sudah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sensor seperti sensor tekanan, sensor sifat dielektrik dan sensor gerak (Baxter, 2011). Sensor kapasitansi adalah sensor yang terdiri dari dua pelat yang dipisahkan oleh jarak celah d diantara dua pelat. Sensor kapasitansi dapat berbentuk pelat sejajar ataupun silinder. Struktur sensor kapasitif semi silinder tanpa dan dengan bahan dielektrik dapat dilihat pada **Gambar 2.10** (Pal & Barik, 2010).



Gambar 2.10 Sensor kapasitif semi-silinder (a) tanpa dielektrik (b) dengan bahan dielektrik (Pal & Barik, 2010).

Sensor kapasitor semi silinder seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10** digunakan dalam penelitian ini. Umumnya sensor kapasitor semi silinder menggunakan bahan tembaga atau alumunium. Kedua pelat memiliki ketebalan 0,1 mm dan dipisahkan oleh jarak sebesar 3 mm. **Gambar 2.10a** menunjukkan bentuk sensor tanpa bahan dielektrik. Sedangkan **Gambar 2.10b** menunjukkan bentuk sensor kapasitor semi silinder dengan bahan dielektrik. Tampak atas dari bentuk sensor kapasitor semi silinder dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Bentuk sensor kapasitor tampak atas (a) tampak atas sensor kapasitor tanpa bahan dielektrik (b) distribusi medan listrik bagian dalam sensor kapasitor semi silinder tanpa bahan dielektrik dan perwakilan simbol untuk analisis metode numerik (Das *et al*, 2014).

Jika pelat A diasumsikan +Q dan B diasumsikan -Q, dan V adalah beda potensial antar dua pelat dan medan listrik antara pelat sejajar adalah $E = Q/A\epsilon_0$. Karena struktur semi silinder dari pelat daerah itu πRH oleh karena itu diperoleh:

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0} = \frac{Q}{\pi RH\epsilon_0} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan Q adalah muatan listrik (C), A adalah luasan penampang keping (m^2), ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12} F/m$), R adalah jari-jari dan H adalah tinggi pelat (m).

Rumus beda potensial (V) antara dua pelat dapat dinyatakan sebagai:

$$V = \int_a^b E \cdot dl + \int_0^\pi E \cdot dl \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika d adalah jarak celah yang memisahkan antara dua pelat. Jarak gap diantara setiap titik dari permukaan melengkung dari tepi adalah $L = 2R\sin\theta$, untuk θ adalah sudut antara jari-jari (R). Jadi, laju perubahan jarak celah antara dua permukaan melengkung terhadap sudut θ , dan dengan jarak celah sebenarnya antara dua pelat adalah.

$$dl = 2R\cos\theta d\theta + d \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari **persamaan 2.7** dan **persamaan 2.9** yang dikombinasikan pada **persamaan 2.8** diperoleh persamaan:

$$V = \frac{Q}{\pi RH\epsilon_0} + \int_0^\pi \frac{Q2R\cos\theta d\theta}{\pi RH\epsilon_0}$$

$$V = \left[\frac{Q}{\pi RH\epsilon_0} + \frac{Q2\sin\theta}{\pi RH\epsilon_0} \right]$$

$$V = \frac{Q}{\pi RH\epsilon_0} [2R\sin\theta + d] \text{ dimana, } 0 \leq \theta \leq \pi \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan Q adalah muatan listrik (C), R adalah jari-jari, H adalah tinggi pelat (m), ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$), d adalah jarak (m) dan V adalah beda potensial (V). Sehingga nilai kapasitansi menjadi

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

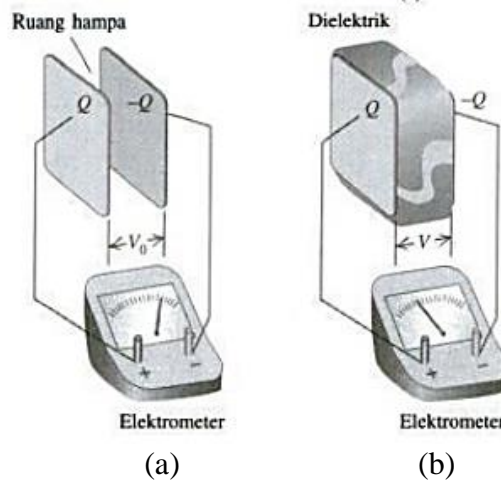
$$C = \frac{Q}{Q/\pi RH\epsilon_0} [2R\sin\theta + d]$$

$$C = \frac{\pi RH\epsilon_0}{2R\sin\theta+d} \text{ dimana, } 0 \leq \theta \leq \pi \dots\dots\dots(2.11)$$

(Das *et al*, 2014).

2.2.2.3 Dielektrik

Kebanyakan kapasitor mempunyai material non-konduksi atau dielektrik diantara pelat-pelat konduktornya. Penerapan sebuah dielektrik padat diantara pelat-pelat sebuah kapasitor mempunyai fungsi, yaitu untuk menyelesaikan permasalahan mekanis yang mempertahankan dua lembar logam besar terpisah dalam jarak yang sangat kecil tanpa ada sentuhan yang sesungguhnya, dan akan menambah selisih potensial maksimum yang mungkin diantara pelat-pelat kapasitor. Setiap material pengisolasi, bila dipengaruhi oleh sebuah medan listrik yang cukup besar, akan mengalami kerusakan dielektrik (*dielectric breakdown*). Jadi, penggunaan dielektrik memungkinkan sebuah kapasitor mempertahankan selisih potensial V yang lebih tinggi sehingga akan menyimpan jumlah muatan dan energi yang lebih besar. **Gambar 2.12a** memperlihatkan sebuah elektrometer yang disambungkan melintasi sebuah kapasitor bermuatan Q pada setiap pelat dan selisih potensial V_0 . Pada **Gambar 2.12b** menunjukkan jika menyisipkan selembar dielektrik pada pelat-pelat itu dan memperlihatkan bahwa selisih potensial itu berkurang menjadi sebuah nilai V yang lebih kecil (Young & Freedman, 2003).



Gambar 2.12 Efek dielektrik diantara pelat diukur dengan Elektrometer. (a) dengan selisih potensial V_0 . (b) dengan selisih Potensial V lebih kecil daripada V_0 (Young & Freedman, 2003).

Kapasitas semula C_0 diberikan oleh $C_0 = Q/V_0$ dan kapasitansi C dengan kehadiran dielektrik menjadi $C = Q/V$. Muatan Q adalah sama dalam kedua kasus, dan V lebih kecil daripada V_0 , sehingga disimpulkan bawah kapasitansi C dengan kehadiran dielektrik adalah lebih besar dari C_0 . Saat ruang antar pelat diisi sepenuhnya oleh dielektrik, maka rasio C terhadap C_0 (yang sama dengan rasio V_0 terhadap V) disebut konstanta dielektrik (K), maka

$$K = \frac{C}{C_0} \dots\dots\dots (2.12)$$

Bila muatan Q konstan, $Q = C_0V_0 = CV$ dan $C/C_0 = V_0/V$. Maka persamaan 2.12 dapat ditulis kembali sebagai

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{V_0}{V}$$

$$V = \frac{V_0}{K} \dots\dots\dots (2.13)$$

Konstansa dielektrik K adalah sebuah bilangan murni. Karena C selalu lebih besar daripada C_0 , maka K selalu lebih besar daripada satu. Untuk ruang hampa, $K = 1$ sebagai ketetapan (Young & Freedman, 2003). Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada (Zahrotin & Endarko, 2014). Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Bahan dielektrik merupakan isolator yang baik karena tidak memiliki elektron

konduksi yang dapat bergerak bebas di dalam bahan dibawah pengaruh medan listrik (Mujib & Muntini, 2013).

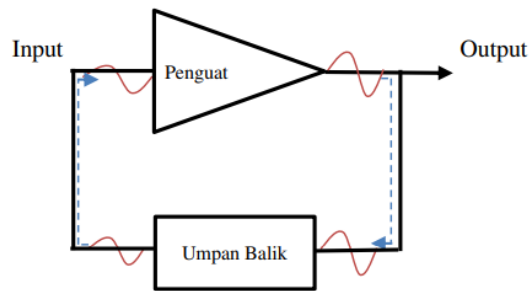
2.2.3 Hubungan Gula dengan Dielektrik Bahan

Kondisi internal bahan seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kadar air, keasaman dan sifat internal lainnya menentukan besarnya sifat-sifat listrik yang dimiliki suatu bahan. Sifat kelistrikan tersebut diantaranya adalah nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik merupakan sebuah parameter yang menunjukkan pengaruh dielektrik terhadap kapasitansi kapasitor. Kandungan buah mangga sekitar 82% menunjukkan bahwa buah tersebut matang segar dan kandungan air tersebut termasuk dalam konstanta dielektrik bahan. Selain itu, mangga mengandung gula yang didominasi oleh sukrosa (Rohadianti, 2008). Konstanta dielektrik merupakan parameter yang dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi larutan sukrosa. Bahan yang mempunyai nilai konstanta dielektrik cukup besar yang menunjukkan mempunyai daya hantar listrik yang bagus ialah air, dimana mempunyai nilai konstanta dielektrik sebesar 78 (Jati & Priyambodo, 2010). Sedangkan sukrosa ialah bahan pelarut yang mempunyai nilai konstanta dielektrik yang cukup kecil, dimana sukrosa mempunyai nilai konstanta dielektrik sebesar 3,3 (Datasheet, 2011). Perubahan konsentrasi larutan sukrosa menyebabkan nilai kapasitansi berubah. Perubahan nilai kapasitansi yang diakibatkan oleh berubahnya konsentrasi sukrosa tersebut, terjadi karena adanya perubahan nilai konstanta dielektrik. Tiap-tiap cairan dengan konsentrasi berbeda yang digunakan sebagai bahan dielektrik kapasitor, akan mengubah nilai kapasitansi kapasitor. Setiap bahan mempunyai nilai konstanta dielektrik yang berbeda. Nilai kapasitansi meningkat seiring dengan penambahan nilai konsentrasi sukrosa, karena nilai kapasitansi berbanding lurus dengan nilai konstanta dielektrik (Hermawan, 2005; Mustain, 2017; Serwey & Jewett, 2010). Selain kandungan manis dari buah mangga, kandungan lainnya yang ada didalam buah mangga akan mempengaruhi nilai konstanta dielektrik. Salah satunya kandungan asam nitrat (HNO_3) yang bila dihubungkan dengan tembaga/Cu dan juga seng/Zn maka akan menghasilkan energi listrik (Kholida, 2015).

2.2.4 Osilator

Osilator adalah suatu alat gabungan dari elemen aktif dan pasif untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal atau bentuk gelombang periodik lainnya. Suatu osilator memberikan tegangan keluaran dari suatu bentuk gelombang yang diketahui tanpa penggunaan sinyal masukan dari luar (Chattopadhyay & Rakhsit, 1984). Osilator berfungsi untuk membangkitkan frekuensi tertentu dalam bentuk sinyal sinusoidal, persegi, gigi gergaji, atau segitiga (Fuada, 2017). Karakteristik yang terpenting pada suatu osilator adalah bentuk gelombang, amplitudo serta frekuensi dari sinyal dibangkitkan. Osilasi dapat diperoleh dengan pemberian umpan balik positif pada sebuah rangkaian penguat (*amplifier*) (Clayton & Winder, 2004). Osilator dapat menghasilkan frekuensi yang sangat rendah (sebagian kecil dari siklus per detik) hingga frekuensi yang sangat tinggi (*microwave*, > 1 GHz). Osilator menggunakan Op-Amp umumnya digunakan pada frekuensi kurang dari 1 MHz. Osilator dapat dibagi menjadi dua kategori besar, yaitu frekuensi tetap atau variabel. Untuk osilator tetap mutlak dan bebas dari penyimpanan merupakan hal yang sangat penting. Untuk osilator variabel, kemudahan penyetelan dan pengulangan merupakan hal yang penting. Osilator variabel juga mungkin tidak dikontrol langsung oleh tangan manusia, melainkan osilator dapat disetel oleh sirkuit lain (Fiore, 2021).

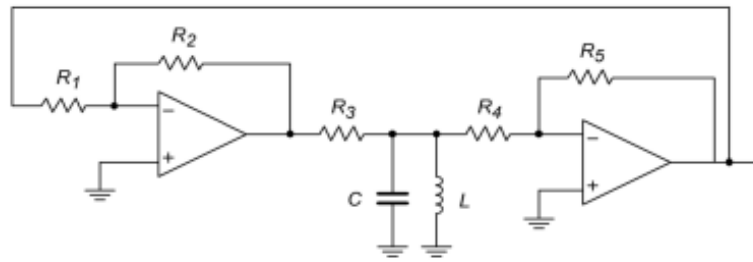
Osilator merupakan penguat sinyal dengan umpan balik positif dimana rangkaian resonansi sebagai penentu frekuensi osilator. Osilator dapat menghasilkan sinyal output tanpa adanya sebuah sinyal input yang diberikan. Keluaran osilator dapat berupa bentuk sinusoidal, persegi, dan segitiga. Osilator berbeda dengan penguat. Penguat memerlukan syarat masukan untuk menghasilkan syarat keluaran, sedangkan osilator tidak ada syarat masukan melainkan hanya syarat keluaran saja (Cahyono & Abadi, 2017). Blok diagram dasar sebuah rangkaian osilator seperti pada **Gambar 2.13** berikut.



Gambar 2.13 Umpan balik positif (Cahyono & Abadi, 2017)

Seperti pada **Gambar 2.13** sebuah rangkaian umpan balik positif bagian utama untuk dapat bekerja, yaitu penguat (*Amplifier*) dan umpan balik (*feedback*). Pada dasarnya, osilator menggunakan sinyal kecil atau desahan kecil yang berasal dari penguat itu sendiri. Pada saat penguat atau amplifier diberikan arus listrik, desah kecil akan terjadi. Desah kecil tersebut kemudian diumpan balik ke penguat sehingga terjadi penguatan sinyal. Jika keluaran penguat sefasa dengan sinyal yang diumpan balik (masukan), maka osilasi akan terjadi. Jika keluaran penguat tidak sefasa dengan sinyal yang diumpan balik, maka osilasi tidak akan terjadi. Osilator menggunakan input dari catu daya (*power supply*) untuk dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC). Sinyal DC dari catu daya yang terlihat lurus juga memiliki amplitudo yang sangat kecil. Bagian penguat osilator memperkuat sinyal yang datang dari catu daya sehingga amplitudo gelombang terlihat jelas (Cahyono & Abadi, 2017).

Sinyal gabungan terlihat seperti sinyal keluaran selama gain loop terbuka amplifier lebih besar dari faktor umpan balik, sinyal dapat dibuat ulang secara konstan. Ini berarti bahwa sumber sinyal dapat dihapus. Akibatnya, output dari rangkaian digunakan untuk membuat inputnya sendiri. Selama daya dipertahankan ke sirkuit, sinyal keluaran akan terus berlanjut hampir selamanya. Keadaan yang mengabadikan diri disebut osilasi. Osilasi akan berhenti jika produk gain loop terbuka dan faktor umpan balik jatuh dibawah satu atau jika umpan balik tidak dikembalikan dengan sempurna (0° atau berkelipatan bilangan bulat 360°). Kombinasi faktor ini disebut kriteria osilasi berkhousen (Fiore, 2021). Osilasi dapat dipertahankan dengan gain loop tertutup dari rangkaian osilator harus lebih besar dari 1, dan fase loop harus berkelipatan 360° . Rangkaian osilator dasar ditunjukkan pada **Gambar 2.14** berikut.



Gambar 2.14 Rangkaian dasar osilator (Fiore, 2021)

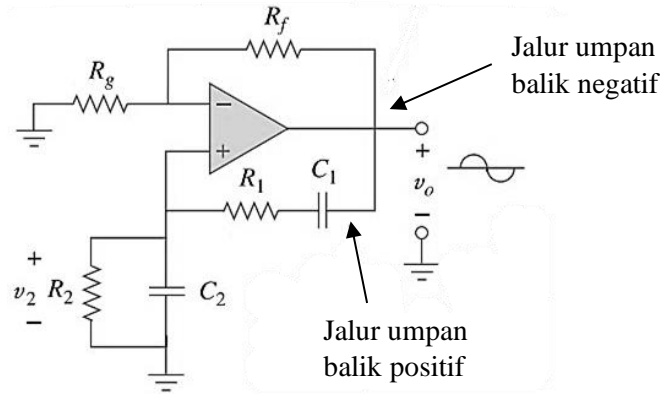
Untuk memberikan penguatan pada **Gambar 2.14** digunakan sepasang penguat pembalik. Karena setiap tahap menghasilkan pergeseran 180° , maka pergeseran untuk pasangan adalah 360° . Rangkaian osilator terdiri dari R3, L, dan C. karena kombinasi LC menghasilkan puncak impedansi pada frekuensi resonansi, maka kerugian minimum akan terjadi (Fiore, 2021).

2.2.4.1 Osilator Jembatan Wien

Osilator ini ditemukan oleh Max Wien yang lahir pada tahun 1866 di Kaliningrad Rusia dan tinggal di Jerman. Beliau merupakan orang pertama yang mencetuskan ide penggeser fasa 2 tingkat (Sendari *et al*, 2021). Osilator *wien bridge* biasa digunakan untuk membangkitkan frekuensi tanpa sinyal input, dengan jangkauan frekuensi 5Hz sampai sekitar 1 MHz. Osilator ini menggunakan umpan balik negatif dan umpan balik positif. Umpan balik positif di *feedback* melalui jaringan *leadlag* ke *input non inverting*, sedangkan umpan balik negatif melalui pembagi tegangan ke input inverting. Adapun syarat terjadinya osilasi (kriteria Barkhausen) sebagai berikut

1. Gain total pada osilator harus bernilai 1 atau lebih besar;
2. Pergeseran fasa total (dari input ke output dan kembali ke input) harus bernilai nol.

Osilator jembatan Wien banyak digunakan untuk menghasilkan sinusoidal dengan frekuensi di bawah 1 MHz (Putri & Atik, 2021). Rangkaian ini terdiri dari rangkaian Op-amp RC hanya dengan beberapa komponen, seperti pada **Gambar 2.15** berikut.



Gambar 2.15 Osilator jembatan wien (Putri & Atik, 2021)

Berdasarkan **Gambar 2.15** jika kita mendefinisikan impedansi pada kombinasi RC seri pada Z_s dan parallel Z_p , maka

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = R_1 - \frac{j}{\omega C_1} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Z_2 = R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{R_2}{1+j\omega R_2 C_2} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan Z_s adalah impedansi RC seri (Ohm), Z_p adalah impedansi RC paralel (Ohm), ω adalah frekuensi sudut (Hz) dan j adalah imajiner = $\sqrt{-1}$. Rasio *feedback* diperoleh persamaan berdasarkan dari **Gambar 2.16** sebagai berikut.

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Jika persamaan (2.14) dan (2.15) disubsitusikan ke dalam persamaan (2.16) menghasilkan

$$\begin{aligned} \frac{V_2}{V_0} &= \frac{R_2}{R_2 + \left(R_1 - \frac{j}{\omega C_1}\right)(1 + j\omega R_2 C_2)} \\ &= \frac{\omega R_2 C_1}{\omega(R_2 C_1 + R_1 C_1 + R_2 C_2) + j(\omega^2 R_1 C_1 R_2 C_2 - 1)} \dots\dots\dots (2.17) \end{aligned}$$

dengan V_0 adalah tegangan input (volt) dan V_2 adalah tegangan output (volt). Pada kriteria kedua Barkhausen, V_2 harus sefasa dengan V_0 , menunjukkan bahwa rasio pada **persamaan 2.18** real. Jadi, bagian imajiner seharusnya nol. Atur bagian imajiner setara dengan nol menghasilkan frekuensi ω_0 sebagai berikut.

$$\omega_0^2 R_1 C_1 R_2 C_2 - 1 = 0$$

atau

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Pada kenyataannya $R_1 = R_2 = R$ dan $C_1 = C_2 = C$, sehingga

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = 2\pi f_0 \dots \dots \dots (2.19)$$

atau

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \dots \dots \dots (2.20)$$

Substitusikan **persamaan 2.18** dan $R_1 = R_2 = R$ dan $C_1 = C_2 = C$ ke **persamaan 2.17** menghasilkan

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{1}{3} \dots \dots \dots (2.21)$$

Jadi, untuk dapat memenuhi kriteria pertama Barkhausen, Op-amp harus mengkompensasi dengan menyediakan gain bernilai 3 atau lebih sehingga gain total setidaknya bernilai satu.

$$\frac{V_2}{V_0} = 1 + \frac{R_f}{R_g} = 3 \dots \dots \dots (2.22)$$

atau

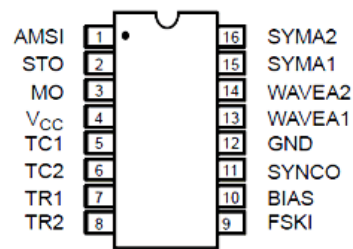
$$R_f = 2R_g \dots \dots \dots (2.23)$$

dengan ω_0 adalah Frekuensi sudut (Hz), f_0 adalah Frekuensi resonan (Hz), R adalah Resistansi (Ohm) dan C adalah Kapasitansi (Farad).

Karena adanya delay yang dihasilkan Op-amp, osilator jembatan Wien terbatas untuk beroperasi di frekuensi 1 MHz atau lebih rendah (Putri & Atik, 2021).

2.2.4.2 Modul IC XR2206

Chip generator fungsi IC XR2206 digunakan untuk bertindak sebagai osilator. Frekuensi osilator tergantung pada nilai resistor timing R dan kapasitor timing C, ketika nilai R dijaga konstan, sel dielektrik bertindak sebagai kapasitor C yang bervariasi sesuai media dielektrik (Anpat *et al.*, 2015). XR2206 merupakan IC generator fungsi monolitik yang mampu menghasilkan gelombang persegi, sinus, segitiga dan pulsa yang berkualitas tinggi dengan stabilitas dan akurasi yang sangat baik. IC XR2206 dapat bekerja pada rentang frekuensi dari 0.01 Hz sampai 1MHz. Keluaran gelombang persegi digunakan untuk mengukur frekuensi yang diinginkan (Jain, 2003). Konfigurasi pin dari modul osilator IC XR2206 ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.



Gambar 2.16 Pin IC XR2206

Pada **Gambar 2.16** menunjukkan bentuk fisik dari IC XR2206. Fungsi masing-masing pin dari IC XR2206 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Keterangan Pin IC XR2206

Pin	Simbol	Tipe	Keterangan
1	AMS I	I	<i>Amplitude Modulating Signal Input</i>
2	STO	O	<i>Sine and Triangle Wave Output</i>
3	MO	O	<i>Multipler Output</i>
4	V_{cc}		<i>Positive Power Supply</i>
5	TC1	I	<i>Timing Capacitor Input</i>
6	TC2	I	<i>Timing Capacitor Input</i>
7	TR1	O	<i>Timing Resistor 1 Output</i>
8	TR2	O	<i>Timing Resistor 2 Output</i>
9	FSKI	I	<i>Frequency Shift Keying Input</i>
10	BIAS	O	<i>Internal Voltage Reference</i>
11	SYNCO	O	<i>Sync Output</i>
12	GND		<i>Ground Pin</i>
13	WAVEA1	I	<i>Wave From Adjust Input 1</i>
14	WAVEA2	I	<i>Wave From Adjust Input 2</i>
15	SYMA1	I	<i>Wave Symetry Adjust 1</i>
16	SYMA2	I	<i>Wave Symetry Adjust 2</i>

(Nurraharjo, 2013).

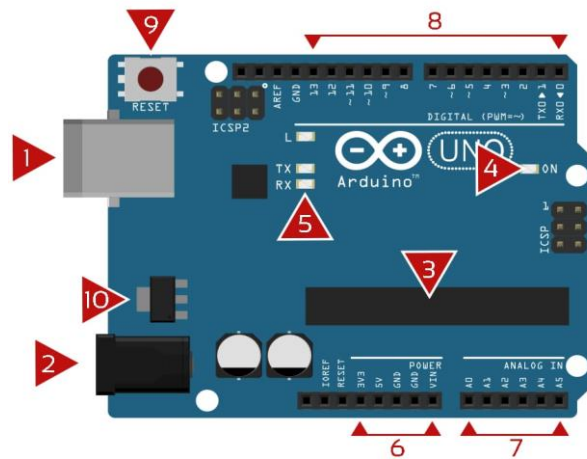
IC XR2206 merupakan IC yang mampu menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal, segitiga, persegi dan gigi gergaji dengan kualitas yang tinggi, stabil dan tingkat keakuratan cukup tepat (Nurraharjo, 2013).

2.2.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler yang di dalamnya terdapat mikrokontroler, penggunaan jenis mikrokontrolernya berbeda-beda tergantung spesifikasinya (Brahmantika, 2019). Dan juga merupakan suatu sistem komputer yang seluruh atau Sebagian besar elemennya dikemas dalam suatu chip IC, sehingga sering juga disebut dengan *single chip microcomputer*. Mikrokontroler mempunyai spesifikasi tersendiri namun masih kompatibel dalam pemrogramannya (Syahminan & Yunus, 2016).

Arduino sebagai platform dan *physical computing* yang bersifat *open source*, karena Arduino bukan sekedar alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware*, Bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih (Saghoa *et al*, 2018). Papan ini mengandung 14 pin digital dan 6 diantara pin-pin tersebut dapat bertindak sebagai pin-pin PWM (*Pulse Width Modulation*), yang memungkinkan untuk mendapatkan isyarat analog di pin digital. PWM berguna misalnya untuk meredupkan LED. Papan ini juga menyediakan 6 pin analog yang dapat diperlakukan sebagai pin-pin digital. Khusus untuk pin-pin digital, setiap pin hanya dapat ditugaskan untuk menangani salah satu mode, yaitu sebagai masukan (input) atau keluaran (output) saja. Sebagai keluaran, berarti bahwa nilai pada pin tersebut dapat diatur oleh Arduino dan nilainya dapat ditentukan melalui perintah *digitalWrite()*. Sebagai masukan, berarti bahwa nilai pada pin tersebut akan ditentukan oleh pihak luar dan di Arduino nilai ini bisa dibaca melalui perintah *digitalRead()* (Kadir, 2016).

Arduino uno pada dasarnya adalah chip komputer, berisi prosesor sebagai *central processing unit*, memori, kristal pembangkit waktu, dan peripheral dalam satu paket. I/O Arduino berbasis pada Atmel AVR ATmega8 dan turunannya. FAQ resmi Arduino juga menyatakan bahwa Arduino hanya papan pengembangan dari AVR. Adapun bagian-bagian dari papan Arduino seperti pada **Gambar 2.17** (Halimah & Oktiawati, 2021).



Gambar 2.17 Arduino Uno (Alli, 2016).

Arduino Uno adalah board atau sistem minimum yang berbasis mikrokontroler atmega328. Didalam sistem minimum ini tersedia *power jack* untuk sumber tegangan serta koneksi USB yang dapat digunakan untuk mengupload *sketch* program maupun untuk sumber tegangan sebagai pengganti *power jack* (Arfandi & Yonal, 2019). Adapun data teknis board Arduino Uno adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler : ATmega328
2. Tegangan Operasi : 5V
3. Tegangan input (*recommended*) : 7-12V
4. Tengan input (*limit*) : 6-10V
5. Pin input/output : 14 (6 diantaranya pin PWM)
6. Arus DC per pin I/O : 40 mA
7. Arus DC untuk pin 3,3V : 50 mA
8. Flas Memori : 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk *bootloader*.
9. SRAM : 2 KB
10. EEPROM : 1 KB (Pratama, 2016).

Bagian-bagian dari papan Arduino tipe USB dapat dijelaskan sebagai berikut.

a) USB (1) & Jack (2)

Berfungsi untuk:

1. Memuat program dari komputer ke dalam papan
2. Komunikasi antara papan dan komputer
3. Memberi daya listrik kepada papan

b) IC (3) = Mikrokontroler ATmega

Komponen utama dari papan Arduino, didalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

c) LED indikator daya (4)

LED yang berlabel 'ON' akan menyala ketika arduino beroperasi.

d) LED indikator transfer daya (5)

Terdapat dua LED, yaitu TX (transmit) dan RX (receive). LED RX akan berkedip-kedip ketika mengunggah kode dari komputer ke Arduino.

e) Pin sumber daya (6)

Terdapat 1 buah pin Vin, 2 buah pin GND, 1 buah pin 5V dan 1 buah 3V3.

f) 6 pin input analog (7)

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V

g) 14 pin input/output digital (8)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3,5,6,9,10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0-255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V.

h) Tombol Reset (9)

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program.

i) Regulator Tegangan (10)

Berfungsi sebagai penjaga gerbang yang akan mengalirkan tegangan teregulasi ke Arduino dan membuang tegangan berlebih (Alli, 2016).

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C, tetapi Bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah (Prayitno *et al*, 2017).

2.2.6 Refraktometer

Refraktometer merupakan alat pengukuran konsentrasi zat terlarut yang ditemukan oleh Dr. Ernest Abbe, seorang ilmuwan dari Jerman sekitar tahun 2010 an. Brix(%)

digunakan untuk menyatakan konsentrasi bahan terlarut yang merupakan presentasi bahan terlarut dalam larutan air (Ichwan *et al*, 2019). Brix merupakan derajat satuan untuk menggambarkan jumlah atau kadar kandungan gula (zat padat) yang terlarut dalam larutan air. Zat padat termasuk gula (sukrosa, glukosa, dan fruktosa), pektin, Umumnya sensor kapasitor semi silinder menggunakan bahan tembaga atau alumunium asam organik, dan asam amino, seluruhnya berkontribusi pada nilai brix. Brix disimbolkan dengan °Bx atau °Brix. Umumnya brix digunakan untuk menghitung presentase gula dalam buah dan sayur serta presentase gula dalam produk pangan. Kandungan gula tentu saja mempengaruhi rasa manis yang biasanya menjadi komponen paling penting dalam penilaian konsumen terhadap kualitas produk. Satu derajat brix setara dengan 1 gram sukrosa dalam 100 gram larutan, namun jika larutan mengandung padatan terlarut selain sukrosa maka derajat brix hanya dapat diperkirakan mendekati kandungan padatan larutan lainnya (Warasi, 2022). Perbandingan nilai brix pada buah-buah dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut.

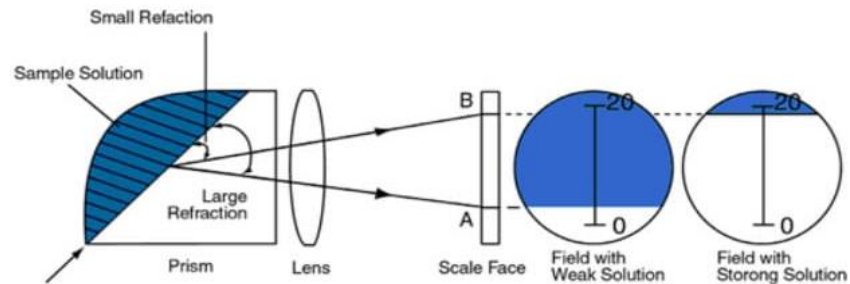
Tabel 2.3 Perbandingan nilai brix pada buah-buahan

Buah	Nilai Brix Rata-rata
Apel	13.3
Anggur	16.2
Ceri	14.3
Jeruk	11.8
Pepaya	10.2
Mangga	17.0
Nanas	14.3
Stroberi	8.0
Pir	15.4
Jambu	7.7
Lemon	8.9

(Cornell, 1988).

Refraktometer menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika mengenai suatu larutan (Hidayanto & Rofiq, 2012). Refraktometer terdiri dari 3 jenis yang dapat digunakan sebagai detektor kromatografi dalam sebuah larutan, yaitu refraktometer

dengan menggunakan prinsip pembiasan cahaya dengan prisma (Refraktometer Brix), Refraktometer Refraksi (Refraktometer Laser) dan Refraktometer menggunakan interferometri (Stewart, 1996).



Gambar 2.18 Prinsip kerja refraktometer (Yudha, 2021).

Untuk metode refraktometer ini menggunakan prinsip pembiasan cahaya. Dimana larutan akan ditetaskan pada kaca lalu disinari oleh cahaya (Yudha, 2021). Prinsip kerja dari refraktometer dengan memanfaatkan refraksi cahaya. Semakin tinggi kadar gula pada cairan maka indeks biasnya akan semakin tinggi, sehingga refraktometer akan menunjukkan skala yang semakin besar (Misto & Mulyono, 2017).



Gambar 2.19 pocket refractometer otago PAL-α (Datasheet, 2022)

Refraktometer brix merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kadar gula dan kadar air, nilai ini dapat di konversi menjadi nilai indeks bias pada suatu cairan (Nyau *et al.*, 2013) (Rahma & Hidayanto, 2015). Indeks bias merupakan perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa c terhadap laju cahaya tersebut dalam medium v , maka besarnya indeks bias dalam medium apapun selain udara, besarnya selalu lebih dari satu (Parmitasari & Hidayanto, 2013).

$$n = \frac{c}{v} \dots\dots\dots(2.24)$$

Indeks bias adalah n , laju cahaya dalam ruang hampa (m/s) adalah c dan v adalah laju cahaya dalam medium (m/s). Peristiwa pembiasan cahaya pada bidang batas antara dua medium memenuhi Hukum Snellius;

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \dots\dots\dots (2.25)$$

dengan n_1 adalah indeks bias medium tempat cahaya datang, θ_1 adalah berupa sudut datang, n_2 adalah medium tempat cahaya bias, θ_2 adalah sudut bias (Rahma & Hidayanto, 2015).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 – Sekarang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

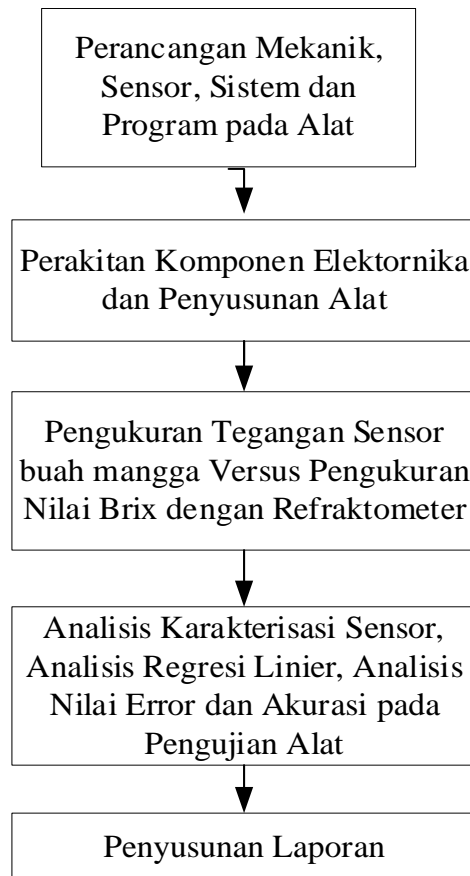
1. Osilator menggunakan IC XR2206 sebagai masukan dengan gelombang penuh dan variasi bentuk gelombang dan frekuensi.
2. *Power Supply* berfungsi sebagai sumber tegangan masukkan pada rangkaian.
3. Multimeter untuk mengukur tegangan AC dan DC, selain itu untuk memeriksa komponen elektronika.
4. *Pocket Refractometer Otago PAL- α* sebagai kalibrator dari alat yang akan dibuat.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pelat tembaga sebagai elektroda kapasitor semi silinder.
2. PCB untuk menghubungkan komponen-komponen pada rangkaian
3. Kawat timah untuk menempelkan komponen pada PCB
4. Arduino Uno sebagai pengendali sistem
5. Buah mangga untuk bahan uji penelitian

3.3 Rancangan Prosedur Penelitian

Dalam perancangan kapasitor semi silinder sebagai sensor kapasitansi untuk mengukur tingkat kemanisan buah mangga dilakukan beberapa tahapan. Diagram alir pada penelitian ini seperti pada **Gambar 3.1**.

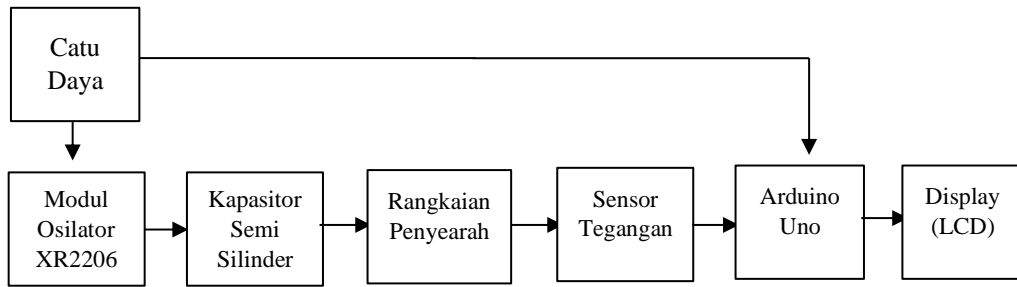


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3.1 Perancangan Sistem pada Alat

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan rangkaian yang akan digunakan dalam pembuatan alat, setelah selesai merangkai, maka rangkaian akan diuji agar dapat diketahui kelayakan dari rangkaian tersebut. Perancangan sistem pada penelitian ini berisi tentang rencana pembuatan dan pemodelan dari alat sensor kapasitor semi silinder berbasis arduino secara detail mulai dari perancangan mekanik hingga sistem kontrol.

Penggambaran awal dari cara kerja seluruh sistem dapat digambarkan dalam diagram blok. Diagram blok perancangan alat pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

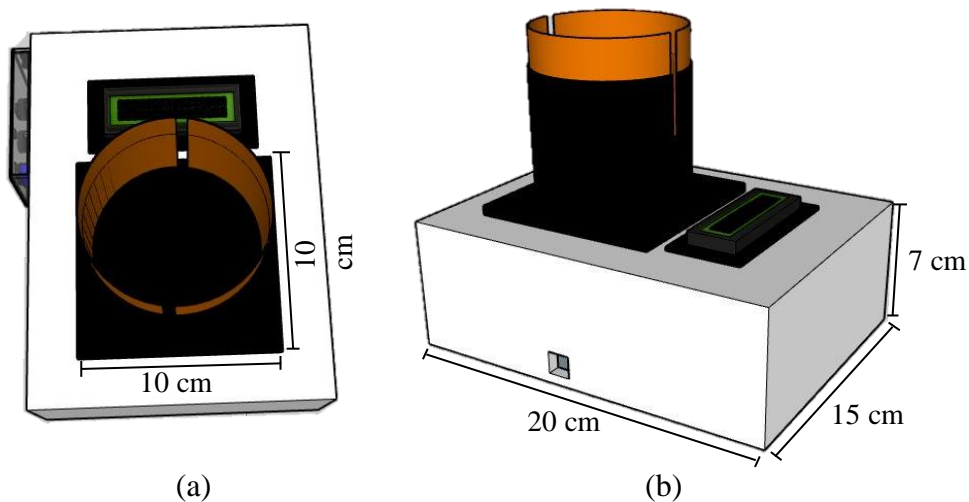


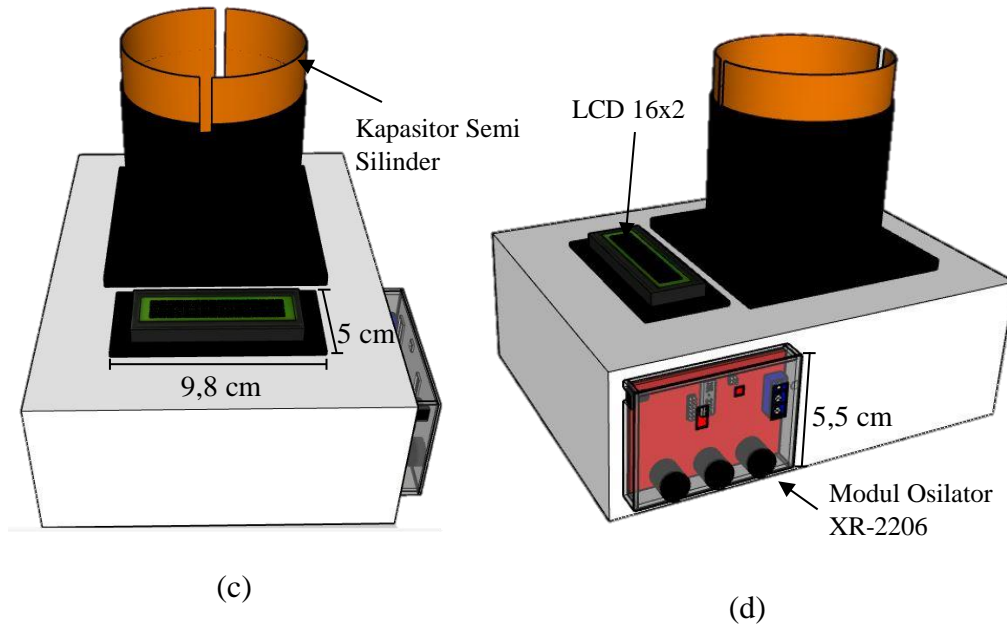
Gambar 3.2 Diagram blok perancangan alat

Gambar 3.2 menjelaskan kerja sistem dimulai dari osilator yang berfungsi mengubah arus listrik DC dari catu daya menjadi AC. Kapasitor semi silinder sebagai sensor tingkat manis buah mangga. Keluaran pada sensor kapasitor berbentuk sinyal AC. Penyearah gelombang mengubah sinyal AC menjadi sinyal DC. Ketika sensor tegangan bekerja untuk membaca nilai tegangan rangkaian, Arduino dimaksudkan sebagai pengontrol sistem perangkat alat tersebut.

3.3.2 Perancangan Mekanik

Rancangan mekanik penelitian ini mendesain box menggunakan software *sketchup* yang nantinya box dibuat dari akrilik putih dengan dimensi seperti pada **Gambar 3.3** berikut ini.



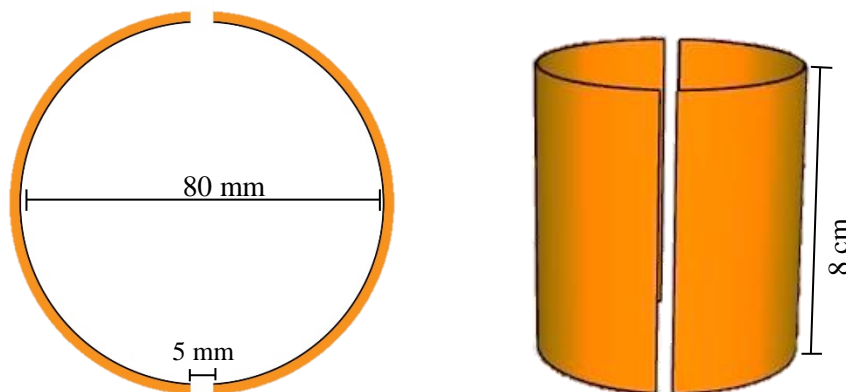


Gambar 3.3 Perancangan alat (a) tampak atas, (b) tampak samping kiri, (c) tampak depan (d) tampak samping kanan

Pada **Gambar 3.3** terlihat rancangan alat tampak atas terdapat penyanggah sensor berukuran 10 cm x 10 cm. Kemudian pada kotak tampak samping kiri kotak memiliki panjang 20 cm, lebar 15 cm dan tinggi 7 cm. kotak bagian atas terdapat LCD dengan panjang 5 cm dan lebar 9,8 cm.

3.3.3 Perancangan Sensor

Sensor yang digunakan ialah terdiri dari 2 pelat tembaga dengan ketebalan 0,5 mm yang dibentuk menjadi semi silinder dengan dimensi seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.4** berikut.

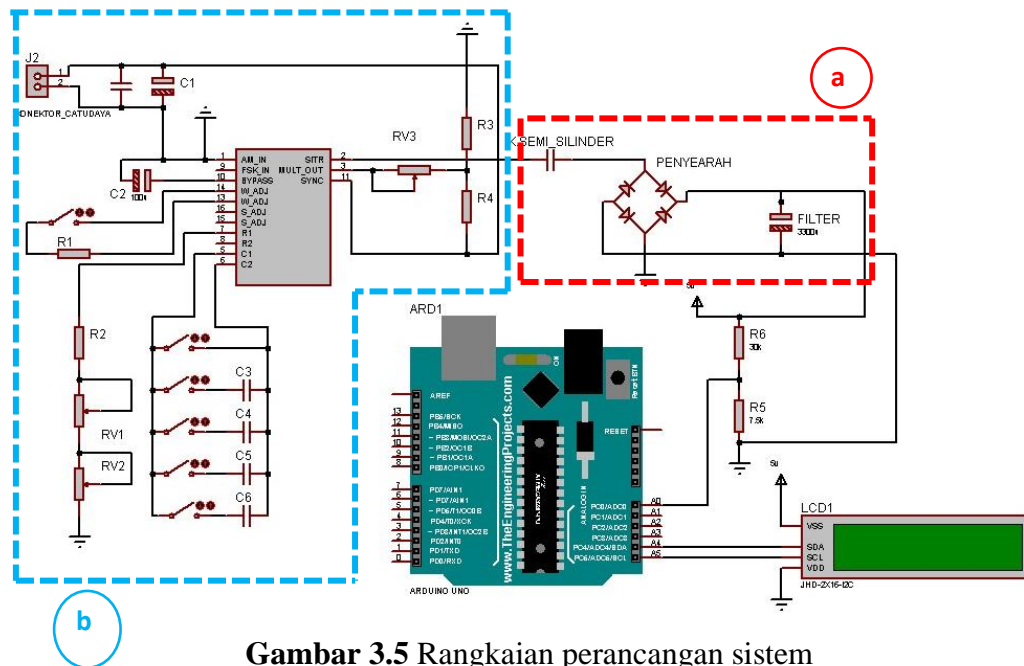


Gambar 3.4 Perancangan Sensor (a) tampak atas (b) tampak depan

Pada **Gambar 3.3** terlihat rancangan sensor yang terbuat dari pelat tembaga dengan ketebalan 0,5 mm dengan tinggi pelat sebesar 8 cm. Pada tampak atas sensor memiliki diameter sebesar 80 mm (atau 8 cm) dan diberi celah sebesar 5 mm sesuai dengan ukuran buah mangga yang dijadikan sampel.

3.3.4 Perancangan Sistem

Pada alat yang sudah dibuat, terdapat rancangan sistem yang bertujuan untuk menganalisa tingkat kemanisan buah mangga berdasarkan perubahan nilai kapasitansinya. Pada penelitian ini, perancangan sistem yang digunakan terdiri dari rangkaian osilator XR-2206, kapasitor semi silinder, rangkaian penyearah, sensor tegangan, Arduino uno dan LCD. Rangkaian keseluruhan dari perancangan sistem dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Rangkaian perancangan sistem

a. Rangkaian Penyearah Gelombang

Rangkaian ini berfungsi sebagai penyearah gelombang dari kapasitor semi silinder yang berbentuk AC.

b. Rangkaian Osilator

Osilator berfungsi sebagai pembangkit sinyal tegangan AC yang dihubungkan ke kapasitor semi silinder. Bentuk gelombang yang diperoleh dari osilator ini adalah gelombang sinus dengan nilai frekuensi 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz dan 500 kHz.

Pada osilator bertujuan untuk mengubah arus listrik DC menjadi AC, kemudian masuk pada sensor kapasitor. Keluaran pada sensor kapasitor masih berbentuk sinyal AC, kemudian diubah pada penyearah gelombang menjadi sinyal DC. Arduino bertujuan sebagai pengendali sistem pada alat yang akan dibuat ini.

3.3.5 Pengambilan Data Tegangan Buah Mangga

Pada saat alat diuji dengan menyimpan sampel di dalam sensor, nilai tegangan meningkat dan muncul di layer LCD yang berarti alat dapat bekerja dengan baik. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada buah mangga. Data yang diambil berupa data tegangan keluaran (V_0) dengan memasukkan frekuensi 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz dan 500 kHz.

3.3.6 Pengukuran Nilai Brix Buah Mangga dengan Refraktometer

Jika pengambilan data dengan alat telah dilakukan, maka selanjutnya melakukan proses pengujian dengan menggunakan refraktometer. Pengujian dengan menggunakan refraktometer bertujuan untuk menguji apakah hasil dari alat yang telah dibuat berbanding lurus dengan hasil dari refraktometer.

3.3.7 Analisis Hubungan Tegangan dengan Nilai Brix

Setelah memperoleh data dari alat yang telah dibuat dan dari hasil uji refraktometer, selanjutnya menganalisis hubungan antara tegangan dengan nilai brix yang diperoleh menggunakan analisis regresi linier. Analisis ini berguna untuk mencari tahu hubungan antara variabel terikat atau (y) dengan satu atau lebih variabel bebas (x). Variabel terikat (y) adalah tegangan, dan variabel bebas (x) adalah nilai brix pada buah mangga.

$$y = a + bx \dots \dots \dots (3.1)$$

Dari **Persamaan 3.1** maka diperoleh rumus:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \dots \dots \dots (3.3)$$

(Hadi, 1995).

dengan a adalah konstanta (titik potong y), b adalah gradien persamaan linier dari variabel x , y adalah variabel tegangan dan x adalah variabel nilai brix

Data hasil penelitian yang diperoleh akan dihitung nilai korelasi menggunakan **Persamaan 3.4.**

$$R^2 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$R = \sqrt{R^2} \quad \text{dimana } -1 < R < 1 \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

$R = 0$: tidak ada korelasi
$ R < 0,5$: korelasi lemah
$0,5 < R < 0,75$: korelasi sedang
$0,75 < R < 0,9$: korelasi kuat
$0,9 < R < 1$: korelasi sangat kuat
$ R = 1$: sempurna

(Hadi, 1995).

Pada penelitian ini nilai korelasi atau R digunakan untuk mencari hubungan antara tegangan keluaran dengan kadar gula buah mangga dari alat yang sudah dibuat nilai brix dari refraktometer.

3.3.8 Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah terealisasi bekerja dengan baik dan akurat. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali menggunakan variasi tingkat manis buah mangga yang berbeda-beda. Masing-masing mangga diuji menggunakan alat yang terealisasi dan refraktometer. Data yang akan diukur pada pengujian alat adalah nilai brix pada buah mangga. Data hasil penelitian yang diperoleh akan dihitung nilai *error* dan akurasi menggunakan **Persamaan 3.5 dan 3.6.**

$$error = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Akurasi = \left[1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

$$Presisi = \left[1 - \left| \frac{Y - \bar{X}_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan Y adalah nilai parameter referensi, X_n adalah nilai parameter terukur ke-n dan \bar{X}_n = Nilai rata rata dari parameter terukur ke-n.

(Naibaho,2022)

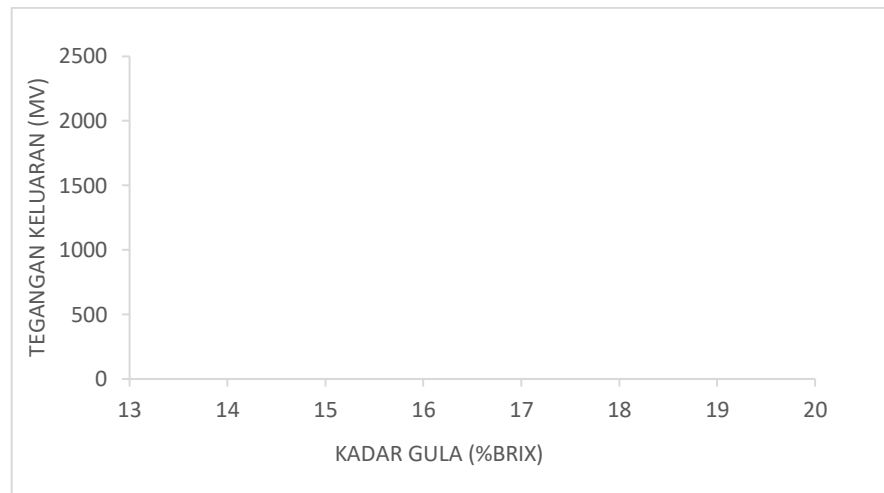
3.4 Rancangan Data Hasil Pengukuran

Pengujian awal yang dilakukan adalah mengambil data dengan mengukur tingkat kemanisan buah mangga menggunakan kapasitor semi silinder. Pengujian dilakukan agar mengetahui tingkat kemanisan buah berdasarkan perubahan nilai dielektrik. **Tabel 3.1** adalah tabel pengujian tingkat kemanisan buah mangga menggunakan kapasitor semi silinder.

Tabel 3.1 Rancangan Data Pengukuran Kapasitor Semi Silinder

Buah ke-	Kadar Gula (%Brix)	Tegangan Keluaran (mV)			
		10 kHz	50 kHz	100 kHz	500 kHz
1					
2					
3					
4					
dst					

Pengujian selanjutnya adalah menguji rasa manis mangga dengan *pocket refractometer otago PAL-a*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemanisan buah yang *real*. Data hasil pengukuran dari tegangan keluaran dengan masukan frekuensi 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz dan 500 kHz dikarenakan pada penelitian Naisa, 2019 memperoleh data terbaik pada masukan frekuensi 100 kHz, jadi untuk mengetahui frekuensi mana yang lebih bagus dengan cara mempersempit pada area 100 kHz. Data tersebut ditampilkan juga pada **Tabel 3.1**. Kemudian data hasil pengukuran baik yang diperoleh kapasitor semi silinder maupun pengukuran menggunakan refraktometer di plot ke dalam sebuah grafik sehingga nantinya dapat diketahui hubungan antara tegangan keluaran terhadap kadar gula yang terkandung di dalam mangga. Grafik tersebut ditunjukkan oleh **Gambar 3.6** berikut ini.



Gambar 3.6 Grafik hubungan tegangan terhadap kadar gula

Gambar 3.6 menunjukkan hubungan tegangan terhadap kadar gula pada buah sehingga dapat diketahui apakah kapasitor semi silinder dapat mengukur kadar kemanisan buah mangga dengan baik atau tidak. Selain itu, **Gambar 3.6** juga digunakan untuk menunjukkan frekuensi terbaik yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran buah mangga secara optimal.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan keluaran yang diperoleh dari kapasitor semi silinder dengan buah mangga sebagai bahan dielektrik dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sensor tingkat manis buah mangga dapat dibuat menggunakan kapasitor semi silinder. Diperoleh *range* tegangan keluaran pada rentang 15,3%-17,7% yang paling luas pada masukan frekuensi 100 kHz sebesar 635,4 mV. Tegangan keluaran sensor kapasitor semi silinder dari rangkaian pengkondisi sinyal memiliki hubungan linier dengan tingkat manis buah mangga. Hubungan tersebut memenuhi persamaan $y = 266,89x - 3771,1$ dan koefisien korelasi sebesar 0,9841% pada frekuensi 100 kHz.
2. Alat ukur tingkat manis buah mangga menggunakan sensor kapasitor semi silinder bekerja dengan baik tanpa merusak buah tersebut. Pada pengujian alat diperoleh nilai presisi 98,86%, nilai *error* sebesar 1,59% dan nilai akurasi alat sebesar 98,41%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan sensor kapasitor semi-oval agar menyesuaikan bentuk buah mangga dan diperoleh hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhimantoro, S. (2014). Mengetahui Tingkat Kematangan Buah dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Nas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 3(1), pp. 63–68.
- Alli, J. (2016). *Bagian-Bagian Arduino*. Available at: <https://jeed-alli.blogspot.com/2016/10/bagian-bagian-arduino.html?m=1> (Accessed: 28 March 2022).
- Anpat, S.M., Khirade, P.W. and Sayyed, S.B. (2015). Design and Development of a Dielectric Spectroscopy Sensor for Liquids using Microcontroller Based System. *BIONANO FRONTIER*, 8(3), pp. 361–364.
- Ariessaputra, S. *et al.* (2020). Karakterisasi Buah Mangga Berdasarkan Nilai Dielektrik Menggunakan Teknik Double-Ring Resonator. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 6(1), pp. 61–71.
- Ashari, S. (2017). *Mangga (Dulu, Kini, dan Esok)*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Baxter, L.K. (2011). *Capacitive Sensors Design and Applications*. New York: IEEE Press.
- Brahmantika, A. (2019). Sistem Otomatisasi Budidaya Tumbuhan Aquascape Berbasis Arduino UNO. *Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang*, 1(1), pp. 1–14.
- Cahyono, S.A. and Abadi (2017). Model Osilator Wien dengan Pembatas Amplitudo Menggunakan Lampu Tungsten. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 3(6), pp. 100–110.
- Chattopadhyay, D. and Rakhsit, P. (1984). *Dasar Elektronika*. Jakarta: UI-Press.
- Clayton, G. and Winder, S. (2004). *Operational amplifier*. Jaakarta: Erlangga.
- Cornell, L. (1988). *Brix Values of Unconcentrated Natural Juices*. Available at: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/19/151.91> (Accessed: 19 January 2023).
- Das, S., Sarkar, T.S. and Chakraborty, B. (2014). A Semi-Cylindrical Capacitive Sensor Used for Soil Moisture Measurement. *World Academy of Science, Engineering and Technology: International Journal of Electrical, Computer,*

Energetic, Electronic and Communication Engineering, 8(1), pp. 167–172.

- Datasheet. (2011). *Dielectric Contant Table*. Available at: <https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/pmt/hps/products/pmc/field-instruments/smartline-level-transmitters/smartline-guided-wave-level-transmitters/pmt-hps-dielectric-constant-table.pdf?download=false> (Accessed: 12 June 2022).
- Datasheet. (2022). *Refraktometer*. *Andaru Persada Mandiri*. Available at: <https://andarupm.co.id/refraktometer-lab/> (Accessed: 11 June 2022).
- Fuada, S. (2017). Perancangan Sistem Kontrol Pada Prototip Pengereng Kerupuk Berbasis IC Digital Menggunakan Software Proteus 7.0. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 6(1), pp. 88–96.
- Halimah, N.S. and Oktiawati, U. (2021). *Semua Bisa Belajar Arduino*. Bogor: Lindan Bestari.
- Hermawan, B. (2005). Monitoring Kadar Air Tanah Melalui Pengukuran Sifat Dielektrik Pada Lahan Jagung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 7(1), pp. 15–22.
- Hidayanto, E. and Rofiq, A. (2012). Aplikasi Portable Brix Meter Untuk Pengukuran Indeks Bias. *Berkala Fisika*, 13(4), pp. 113–118.
- Ichwan, M., Dewi, I.A. and Muharom, Z. (2019). Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) Untuk Menentukan TingkatKemanisan Mangga Berdasarkan Fitur Warna. *MIND Journal*, 3(2), pp. 16–24.
- Jain, R.P. (2003). *Modern Digital Electronics*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Jati, B.M. and Priyambodo, T.K. (2010). *Fisika Dasar*. Yogyakarta: C.V Andi.
- Kadir, A. (2016). *Simulasi Arduino*. Jakarta: PT. Elex Komputindo.
- Kartikorini, N. (2016). Analisa Kadar Gula (Sukrosa) Buah Mangga Berdasarkan Varietasnya. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 2(1), pp. 28–32.
- Kal, S. (2006). *Basic Electronics Devices, Circuit and IT Fundamentals*. New Delhi: Prentice Hall of India. pp. 266-267.
- Ling, S, J., Sanny, J. and Moebs, W. (2016). *University Physics Volume 2*. Texas: Openstax.
- Misto and Mulyono, T. (2017). Desain refraktometer prisma untuk pengukuran kadar gula berdasarkan perubahan sudut puncak secara terkomputerisasi. *Prosiding SENSEI*, pp. 203–206.
- Mujib, S. and Muntini, S.M. (2013). Perancangan sensor kelembaban beras berbasis

- kapasitor. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 1(1), pp. 1–6.
- Mustain, A.V.F. (2017). *Pengaruh Konsentrasi Larutan Sukrosa Terhadap Nilai Konstanta Dielektrik Menggunakan Sensor Kapasitor*, *Digital Repository Universitas Jember*. Universitas Jember.
- Naibaho, W. (2022). *Pengukuran Teknik*. Insan Cendikia Mandiri. pp. 10-13.
- Nurraharjo, E. (2013). Rangkaian Pembangkit Gelombang dengan menggunakan IC XR-2206. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 18(1), pp. 24–29.
- Nyau, V., Mwanza, E. and Moonga, H. (2013). Physico-chemical qualities of honey harvested from different beehive types in Zambia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 13(2), pp. 7415–7427.
- Pal, S. and Barik, R. (2010). Design, Development and Testing of a Semi Cylindrical Capacitive Sensor for Liquid Level Measurement. *Sensors and Transducers Journal*, 116(2), pp. 13–20.
- Parmitasari, P. and Hidayanto, E. (2013). Analisis Korelasi Indeks Bias Dengan Konsentrasi Sukrosa Beberapa Jenis Madu Menggunakan Portable Brix Meter. *Youngster Physics Journal*, 1(5), pp. 191–198.
- Pracaya. (2005). *Bertanam Mangga*. Revisi. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Pracaya. (2011). *Bertanam Mangga*. Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pratama, M.R. (2016). *Implementasi Fuzzy Logic Dalam Perancangan Drum Elektrik Berbasis Midi Menggunakan Perangkat Android Dan Arduino Uno*. Universitas Sumatera Utara.
- Prayitno, W., Muttaqin, A. and Syauqy, D. (2017). Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(4), pp. 292–297.
- Putri, H. and Atik, N. (2021). *Mahir Elektronika Telekomunikasi*. Ponogoro: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Rahma, T. and Hidayanto, E. (2015). Penentuan Indeks Bias Dari Konsentrasi Sukrosa (C₁₂H₂₂O₁₁) Pada Beberapa Sari Buah Menggunakan Portable Brixmeter. *Youngster Physics Journal*, 14(3), pp. 173–180.
- Rohadianti, Y. (2008). *Kajian sifat listrik dan sifat fisiko kimia berbagai jenis buah mangga (Mangifera spp) Pada Tingkat Kematangan Berbeda*. Institut Pertanian Bogor.
- Rukmana. (1997). *Mangga Budidaya dan Pasca Panen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Saghoa, Y.C., Sherwin, R.U. and Tulung, S.N.M. (2018). Kotak Penyimpanan

- Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), pp. 167–174.
- Sanjaya, C.B. and Rosadi, M.I. (2018). Klasifikasi Buah Mangga Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Least-Squares Support Vector Machine. *Explore IT : Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Informatika*, 10(2), pp. 1–13.
- Satuhu, S. (2000). *Penanganan Mangga Segar untuk Ekspor*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sendari, S., Wirawan, I.M. and Nasrulloh, M. (2021). *Sensor Transduser*. Malang: Ahlimedia Press.
- Serwey, R.. and Jewett, J. (2010). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Kartika.
- Stewart, J.E. (1996). *Optical Principles and Technology for Engineers*. California: Saratoga Optics.
- Syahminan and Yunus, A. (2016). Implementasi Mikrokontroler Arduino Pada Proyektor Dengan Android. *Jurnal SMARTICS*, 2(2), pp. 61–66.
- Warasi, Y, M. (2022). *Apa Itu Brix dalam Analisa Derajat Gula*. Available at: http://www.ag-usa.net/brix_test_meaning.htm (Accessed: 21 January 2023).
- Young, H.D. and Freedman, R.A. (2003). *Fisika Universitas*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Yudha, Z. (2021). *Cara Kerja Pengukuran Kadar*. Available at: <https://www.zahrayudha.id/2021/07/cara-kerja-pengukuran-kadar-alkohol.html?m=1> (Accessed: 28 March 2022).
- Yuliana, U., Whidhiasih, R.N. and Maimunah. (2016). Identifikasi Rasa Buah Mangga Gedong Gincu Cirebon Berdasarkan Citra Red-green-blue Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer Sistem Embedded dan Logic*, 4(2), pp. 61–68.
- Zahrotin, E. and Endarko. (2014). Rancang Bangun Sensor Kapasitif Untuk Level Air. *Berkala Fisika*, 17(4), pp. 129–138.