



**APLIKASI KAPASITANSI METER MENGGUNAKAN ARDUINO UNO  
UNTUK UJI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT**

**SKRIPSI**

Oleh

**Abdul Hamid**

**NIM 111810201060**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**



**APLIKASI KAPASITANSI METER MENGGUNAKAN ARDUINO UNO  
UNTUK UJI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Fisika

Oleh

**Abdul Hamid**

**NIM 111810201060**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**

## PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa cinta dan syukur kepada:

1. Ayahanda H. Ahmad Syafi'i dan Ibunda Isoniyah, saya ucapkan terima kasih atas curahan cinta dan kasih sayang untuk seorang anak yang sangat dicintai dan disayangi;
2. Seluruh pendidik sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mengamalkan ilmunya dengan ikhlas kepada saya, terutama kepada Bu Hj. Irma Fahriani S.Pd., Bu Hj. Siti Zubaidah S.Pd., Bu Nur Rochmi S.Pd., Pak Askhab S.Ag., dan Bu Hj. Istiharo S.Pd;
3. Dinas Pendidikan dan Pemerintah Daerah Kabupaten Banyuwangi.
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Terjemahan Q.S. Al-Mujaadilah: 11)<sup>\*)</sup>

Kenalkan dirimu kepada Allah pada saat engkau dalam keadaan lapang, Allah akan mengenalimu saat engkau dalam kesulitan (Al-Hadits).

(‘Aidh al-Qarni)<sup>\*\*)</sup>

Jadilah engkau orang yang kakinya berada di tanah, namun cita-citanya menggantung tinggi di langit. (‘Aidh al-Qarni)<sup>\*\*)</sup>

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia.2010. *Mushaf Al-Azhar : Al Qur'an dan Terjemah*. Bandung: Hilal.

\*\*\*) ‘Aidh al-Qarni. 2005. *La Tahzan Jangan Bersedih*. Jakarta: Perpustakaan Nasional RI.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Hamid

NIM : 111810201060

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul "Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat" adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Abdul Hamid  
NIM 111810201060

**SKRIPSI**

**APLIKASI KAPASITANSI METER MENGGUNAKAN ARDUINO UNO UNTUK  
UJI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT**

Oleh

**Abdul Hamid  
NIM 111810201060**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si.,M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat” telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

Hari :  
Tanggal :  
Tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Ketua  
(Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris  
(Dosen Pembimbing Anggota)

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 19591121 199103 1 002

Supriyadi, S.Si.,M.Si.  
NIP 19820424 200604 1 003

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP 19610204 19871 1 1001

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.  
NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP 19610204 198711 1 001



## RINGKASAN

**Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat;** Abdul Hamid, 111810201060: 62 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Pengukuran bertujuan untuk memperoleh informasi tentang sifat fisik, kimia, maupun biologis dari suatu benda atau kondisi tertentu yang pada umumnya sulit diketahui oleh indera manusia. Pengukuran pada komponen-komponen elektronika berperan penting karena komponen elektronika memiliki karakteristik dan fungsi berbeda dengan lainnya, salah satunya adalah kapasitor. Kapasitor adalah komponen elektronika dengan struktur sederhana yang terdiri atas dua konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik serta memiliki fungsi sebagai penyimpan muatan listrik. Kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik dinyatakan kapasitansi.

Pengukuran kapasitansi pada bahan pangan memberikan arti penting pada sifat dielektrik bahan tersebut. Pengukuran dielektrik berfungsi untuk mengetahui sifat fisis bahan, yaitu kadar air, kandungan ionik, dan komposisi kimia. Selain itu, pengukuran dielektrik dapat dijadikan sebagai salah satu metode penentuan tingkat kematangan buah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dielektrik pada buah menggunakan sistem alat kapasitansi meter. Alat ukur yang dibuat memanfaatkan rangkaian sensor kapasitor, Arduino Uno, dan LCD. Arduino Uno digunakan sebagai pengendali kerja sistem alat secara keseluruhan dengan dihubungkan pada sensor kapasitor dan LCD yang berfungsi sebagai media penampil data. Objek penelitian yang digunakan adalah buah tomat dengan jumlah 40 sampel dan dalam kondisi belum matang dan matang yang didapatkan dari hasil uji organoleptik dengan masing-masing sebanyak 20 sampel buah.

Buah tomat adalah salah satu komoditas pertanian yang memiliki cita rasa khas dan bermanfaat dalam menunjang ketersediaan pangan dan kecukupan gizi untuk kesehatan serta memiliki nilai ekonomi tinggi. Selama masa kematangan, proses



metabolisme tomat terus berlangsung. Hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan warna, kadar air cenderung meningkat dan perubahan tekstur lainnya.

Prinsip pengukuran pada alat ukur yang dibuat pada penelitian ini adalah proses pengisian dan pengosongan muatan kapasitor. Ketika sensor kapasitor diberikan tegangan dari Arduino, proses pengisian muatan berlangsung. Saat tegangan kapasitor penuh sistem alat akan membaca berapa tegangan kapasitor tersebut dan berapa lama waktu pengisian muatan tersebut. Data tersebut selanjutnya diolah oleh Arduino secara program hingga didapatkan data besar kapasitansi dan dielektrik. Dari hasil pengujian, dapat dikatakan bahwa telah berhasil dibuat suatu sistem alat kapasitansi meter yang dapat berfungsi dengan baik dan layak untuk diaplikasikan pada pengukuran dielektrik tomat.

Nilai dielektrik adalah nilai karakteristik kelistrikan suatu bahan akibat pengaruh medan listrik luar dan dipengaruhi oleh bahan penyusun yang ada pada bahan dielektrik tersebut. Hasil pengukuran dielektrik, didapatkan data bahwa selama pengamatan nilai dielektrik tomat pada kondisi belum matang lebih kecil daripada nilai dielektrik tomat pada kondisi sudah matang. Rentang nilai dielektrik tomat kondisi belum matang didapatkan antara  $(10,796 \pm 0,102)$  sampai  $(13,121 \pm 0,023)$ . Untuk tomat pada kondisi sudah matang didapatkan nilai dielektrik dengan besar mulai dari  $(20,870 \pm 0,032)$  sampai  $(24,414 \pm 0,023)$ . Lebih besarnya nilai dielektrik tomat pada kondisi sudah matang dimungkinkan kadar air buah yang lebih tinggi dari keadaan pada tomat kondisi belum matang, yang dipengaruhi oleh proses metabolisme. Selain itu, tomat dengan nilai dielektrik tinggi menunjukkan bahwa kemampuan yang lebih besar dalam menyimpan energi listrik yang dimilikinya.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, pengarahan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh Karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Endhah Purwandari S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Orang tuaku tercinta Ayahanda H. Ahmad Syafi'i dan Ibunda Isroniyah yang telah memberikan cinta, kasih sayang serta doanya hingga sekarang untuk seorang anak yang dicintainya;
6. Dinas Pendidikan dan Pemerintah Daerah Kabupaten Banyuwangi.
7. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas MIPA Universitas Jember yang selalu membantu dan mendukung;
8. P. Taufik, P. Edi, dan P. Budi yang telah memberikan bantuan selama penelitian;

9. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika angkatan 2011, GP'11' yang telah memberikan bantuan dan dukungannya;
10. Sahabat seperjuanganku di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Alex Taufiqurrohman Zain S.Si serta sahabat-sahabat yang telah membantu selama penelitian dan penyusunan skripsi, Yahya Efendi, Devi S.R.A S.Si, Cries A, Miftahul Jannah, Bambang S S.Si, Rosaria D.S S.Si, Toto A S.Si, Ria Fitriani, Shofi, Putri R, Nurul Puput S.Si, Syahrial A.M;
11. Teman-teman kontrakan Mastrip S24, Yahya, Bambang, Angga, Edo, Anam;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca untuk perkembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Jember, Juni 2016

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Kapasitor</b> .....	6
<b>2.2 Dielektrik</b> .....	11
<b>2.3 Arduino Uno</b> .....	16
<b>2.4 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)</b> .....	24
<b>2.5 Buah Tomat</b> .....	27
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	34

<b>3.1 Tempat dan Waktu</b> .....	34
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	34
3.2.1 Alat Penelitian .....	34
3.2.2 Bahan Penelitian .....	34
<b>3.3 Tahap Penelitian</b> .....	35
3.3.1 Pembuatan Alat Kapasitansi Meter .....	35
3.3.2 Pengujian Alat Kapasitansi Meter .....	40
3.3.3 Kalibrasi .....	41
<b>3.4 Pengukuran konstanta dielektrik Tomat</b> .....	42
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	44
<b>4.1 Hasil</b> .....	44
4.1.1 Hasil Pengujian Rangkain Sensor Kapasitor .....	44
4.1.2 Hasil Pengujian Rangkaian LCD .....	46
4.1.3 Hasil Pengujian Rangkaian Kapasitansi Meter Arduino Uno .....	46
4.1.4 Hasil Pengukuran Nilai Konstanta Dielektrik Buah Tomat ....	48
<b>4.2 Pembahasan</b> .....	51
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	58
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	58
<b>5.2 Saran</b> .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
<b>LAMPIRAN</b> .....	63

**DAFTAR TABEL**

Halaman

2.1	Nilai konstanta dielektrik dan kekuatan dielektrik dari berbagai bahan pada suhu kamar .....	15
2.2	Harga toleransi kapasitor untuk berbagai dielektrik pada suhu kamar.....	15
2.3	Data teknis <i>board</i> Arduino Uno .....	19
2.4	Kandungan nilai gizi dan kalori dalam buah tomat per 100 gram bahan makanan.....	29
4.1	Hasil pengujian kapasitansi meter Arduino Uno.....	47
4.2	Hasil pengukuran nilai dielektrik tomat pada kondisi belum matang .....	50
4.3	Hasil pengukuran nilai dielektrik tomat pada kondisi matang .....	51



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema kapasitor plat sejajar .....	6
2.2 Konduktor membawa muatan sama besar dan berlawanan tanda .....	7
2.3 Medan listrik diantara dua plat kapasitor sejajar .....	9
2.4 Pengisian dan pengosongan muatan kapasitor .....	10
2.5 Perubahan tegangan kapasitor terhadap waktu.....	11
2.6 Momen-momen dipol listrik pada dielektrik polar sebelum dan sesudah diberi medan listrik eksternal.....	12
2.7 Perbedaan potensial listrik kapasitor tanpa dan dengan bahan dielektrik.	13
2.8 Medan listrik kapasitor tanpa dan dengan bahan dielektrik .....	14
2.9 <i>Board</i> Arduino Uno .....	18
2.10 Mikrokontroler ATmega328 .....	20
2.11 Arsitektur ATmega328.....	21
2.12 Tampilan muka <i>software</i> Arduino IDE 1.6.5 .....	23
2.13 LCD 2 x 16 .....	25
2.14 Penampilan buah tomat.....	28
2.15 Perubahan warna pada buah tomat .....	32
3.1 Bagan tahap penelitian.....	35
3.2 Diagram blok sistem alat ukur kapasitansi meter .....	36
3.3 Skema rangkaian sensor kapasitor .....	37
3.4 Skema rangkaian LCD.....	37
3.5 Skema rangkaian sistem kapasitansi meter yang dilengkapi sensor kapasitor.....	39
4.1 Hasil uji sensor kapasitor.....	45
4.2 Hasil pengujian rangkaian LCD .....	46
4.3 Hasil pengujian alat kapasitansi meter Arduino Uno .....	48

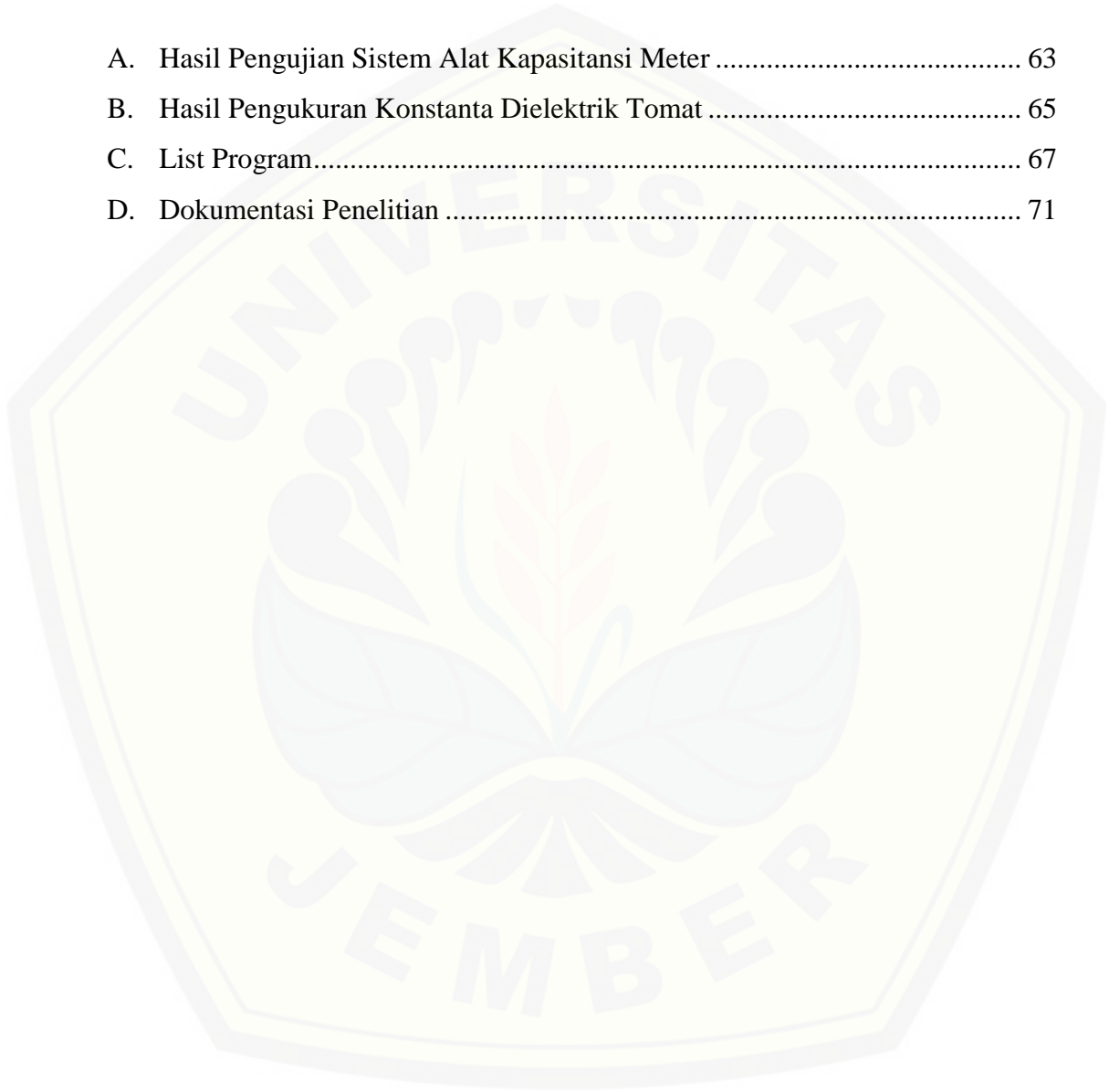


4.4 Pengukuran nilai dielektrik tomat menggunakan sistem alat kapasitansi  
meter Arduino Uno dengan dilengkapi sensor kapasitor.....49



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Hasil Pengujian Sistem Alat Kapasitansi Meter .....	63
B. Hasil Pengukuran Konstanta Dielektrik Tomat .....	65
C. List Program.....	67
D. Dokumentasi Penelitian .....	71



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengukuran memiliki peranan yang sangat penting dan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik, kimia, maupun biologis dari suatu benda atau keadaan tertentu. Umumnya, informasi berupa besaran fisik, mekanis, kimia sulit untuk diketahui secara langsung oleh indera manusia. Oleh karena itu, diperlukan bantuan berupa alat atau suatu instrumen untuk bisa mentransformasikan informasi tersebut supaya dapat dengan mudah ditanggapi (Sarwono dkk, 1992). Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang elektronika, banyak diciptakannya berbagai peralatan (instrumen) untuk mempermudah manusia dalam melakukan aktivitasnya. Salah satu instrumen yang berkembang adalah suatu alat ukur elektronik yang dapat mengukur komponen-komponen elektronika. Setiap komponen elektronika memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda dengan yang lainnya.

Salah satu komponen elektronika yang sering digunakan adalah kapasitor. Beberapa fungsi kapasitor pada rangkaian elektronika adalah sebagai isolator yang menghambat arus DC, filter dalam rangkaian *power supply*, sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian osilator, sebagai pemilih gelombang frekuensi, dan sebagai penyimpan energi pada peralatan lampu kilat (Giancoli, 2009). Struktur kapasitor secara sederhana terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh isolator (dielektrik) yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitansi merupakan ukuran kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik dan dapat diukur menggunakan alat ukur yang dinamakan kapasitansi meter. Beberapa jenis alat ukur tersebut ada yang menggunakan analog atau digital untuk menampilkan

hasil. Kapasitansi meter telah banyak beredar di pasaran dengan harga dan spesifikasi pengukuran yang beragam.

Pengukuran kapasitansi pada suatu bahan memberikan arti penting pada pengukuran sifat dielektrik bahan tersebut. Menurut Serwey & Jewett (2010) nilai kapasitansi suatu kapasitor tergantung pada faktor geometri dan sifat bahan dielektrik yang digunakan. Contoh bahan dielektrik adalah kertas, mika dan keramik. Pengukuran dielektrik pada bahan pangan biologis dapat dijadikan sebagai salah satu metode penentuan tingkat kematangan, misalnya pada buah. Menurut Santoso (2005) buah yang semakin matang cenderung memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan buah yang masih dalam keadaan mentah. Sifat dielektrik pada bahan pangan memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan kadar air. Kadar air bahan yang tinggi, nilai dielektriknya juga tinggi (Guo dkk, Nelson dan Trabelsi dalam Saleh dkk, 2013). Salah satu jenis buah yang memiliki kandungan air tinggi adalah tomat.

Buah tomat merupakan salah satu jenis sayuran dengan cita rasa buah yang khas dan digemari oleh hampir seluruh lapisan masyarakat serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi dengan ditunjang permintaan pasar baik dalam maupun luar negeri yang setiap tahunnya mengalami peningkatan (Hanindita, 2008). Buah tomat termasuk jenis sayuran yang tidak bisa disimpan terlalu lama karena mudah busuk dan rusak. Umumnya untuk mengetahui tingkat kematangan buah tomat dilakukan dengan mengamati perubahan warna buah yang sifatnya subjektif. Selama proses pematangan buah tomat mengalami perubahan warna dari hijau, kuning cerah, hingga menjadi merah. Selain itu, metode lain yang dapat digunakan adalah dengan menekan buah untuk mengetahui tingkat kekerasan kaitannya dengan tingkat kematangan. Cara ini tidak efektif karena dapat merusak tekstur buah dan mempercepat proses pembusukan buah.

Penelitian mengenai kematangan buah tomat sebelumnya telah dilakukan oleh Deswari, dkk (2013) dengan judul identifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode *backpropagation* berdasarkan warna buah menggunakan

*webcam*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan identifikasi kematangan buah tomat masak dan setengah masak lebih akurat dibanding identifikasi tomat muda dikarenakan pola histogram warna buah tomat muda yang tidak beraturan dan tingkat keberhasilan identifikasi buah tomat sebesar 71,67% dari 60 sampel buah tomat. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Noor dan Hariadi (2009) dengan judul *image cluster* berdasarkan warna untuk identifikasi kematangan buah tomat dengan metode *valley tracing*. Nilai RGB buah tomat dari hasil *capture* yang nantinya akan didapatkan nilai *centroid* untuk dilakukan proses identifikasi. Kelemahan dari kedua penelitian tersebut adalah proses identifikasi dipengaruhi oleh proses *capture* (pengambilan gambar). Jika proses pengambilan gambar kurang sempurna dengan kondisi ruang dan pencahayaan yang tidak baik, akan menghasilkan gambar dengan kualitas buruk.

Berdasarkan kelemahan pada penelitian sebelumnya, muncul suatu inspirasi untuk membuat suatu alat ukur kapasitansi meter yang diaplikasikan untuk identifikasi kematangan buah menggunakan prinsip kapasitor. Kapasitansi meter yang dibuat pada penelitian ini memanfaatkan sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, dan LCD 2x16. Arduino Uno digunakan sebagai unit pengolah data dan mengatur kerja sistem alat secara keseluruhan. Kelebihan Arduino Uno daripada modul mikrokontroler lain adalah menggunakan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang termasuk dalam keluarga mikrokontroler AVR 8 bit, menggunakan teknologi CMOS yang memiliki kinerja teknologi pengoperasian yang tinggi, dan merupakan jenis arduino yang paling banyak digunakan oleh seluruh pengguna arduino (Alf, dkk. dalam Fatwanto, 2013). Selain itu, arduino Uno juga menggunakan ATmega8U2 yang berperan sebagai *converter USB to serial* yang memberikan kemudahan dalam proses instalasi *software* Arduino terutama yang menggunakan sistem operasi Windows, yaitu hanya dengan menghubungkan *board* Arduino Uno dengan Windows untuk menggunakannya melalui koneksi USB (Artanto, 2012).

Hasil pengolahan data oleh Arduino Uno berupa nilai kapasitansi, nilai konstanta dielektrik, dan karakter tingkat kematangan yang akan ditampilkan pada layar LCD. Alat ukur kapasitansi meter ini nantinya akan diterapkan untuk dilakukan pengukuran kapasitansi dan konstanta dielektrik pada buah tomat. Prinsip pengukuran yang diterapkan adalah mengukur nilai kapasitansi sekaligus nilai konstanta dielektrik buah sebagai parameter untuk menentukan tingkat kematangan buah berdasarkan nilai dielektriknya. Dalam hal ini buah tomat berfungsi sebagai bahan dielektrik dan diletakkan diantara dua plat tembaga yang berperan sebagai sensor kapasitor. Diharapkan dengan alat ukur ini metode identifikasi kematangan pada buah dapat dilakukan dengan lebih efisien dan mudah dalam pengaplikasiannya.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat alat ukur kapasitansi meter menggunakan Arduino Uno?
2. Bagaimana nilai konstanta dielektrik untuk buah tomat kondisi belum matang dan kondisi matang ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini adalah

1. Membuat alat ukur kapasitansi meter menggunakan Arduino Uno.
2. Mengetahui nilai konstanta dielektrik untuk buah tomat kondisi belum matang dan kondisi matang.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang diperoleh adalah

1. Mengetahui kriteria kematangan buah tomat berdasarkan nilai konstanta dielektrik.
2. Memberikan informasi tambahan tentang sifat listrik pada buah tomat yang dilihat dari nilai konstanta dielektrik yang dapat digunakan untuk penelitian lanjut.
3. Memberikan sumbangsih sebuah alat yang mempermudah dalam melakukan pengukuran konstanta dielektrik buah untuk sortasi buah yang bersifat non-destruktif.

#### **1.5 Batasan masalah**

Berikut batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tomat yang digunakan diperoleh dari penjual buah tomat di pasar Arjasa Kabupaten Jember yang dipilih dengan ukuran dan volume yang seragam.
2. Suhu dan kelembaban ketika pengukuran mengikuti suhu dan kelembaban ruangan Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

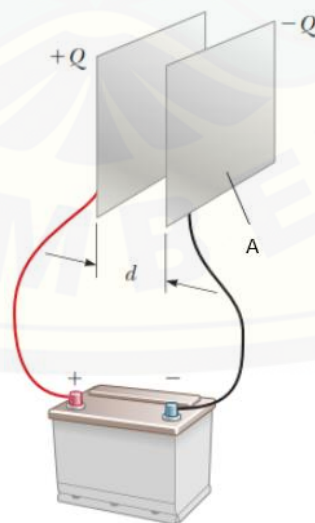


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapasitor

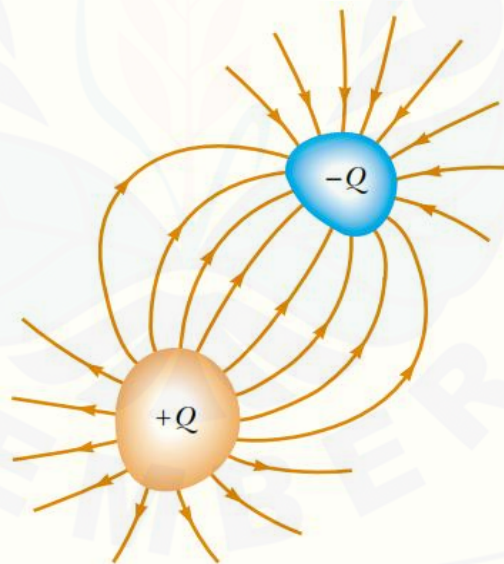
Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1791-1867. Kapasitor adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua plat konduktor yang tidak saling bersentuhan dan dipisahkan oleh bahan isolator (dielektrik) (Sinclair & Dunton, 2007). Biasanya kedua plat konduktor tersebut diletakkan saling sejajar maupun digulung menjadi bentuk silinder dan terisolasi satu sama lain. Kapasitor dapat menyimpan energi dalam medan listrik diantara dua plat konduktor dan merupakan komponen elektronika yang banyak digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika (Giancoli, 2009). Misalnya, kapasitor digunakan untuk mengubah frekuensi penerima sinyal radio, menghilangkan percikan api dalam system pengapian mobil, dan sebagai penyimpan energi dalam peralatan lampu kilat (*flash*) elektronik (Serway & Jewett, 2004).

Secara sederhana, kapasitor plat konduktor sejajar dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Skema kapasitor plat sejajar  
(Sumber: Serway & Jewett, 2004)

Kedua plat konduktor tersebut memiliki luas penampang  $A$  tertentu dan dipisahkan oleh jarak  $d$  serta dihubungkan dengan sumber tegangan. Sumber tegangan bisa didapat dari baterai maupun adaptor AC-DC. Jika kapasitor mulanya tidak bermuatan, maka sumber tegangan akan menghasilkan medan listrik dalam kabel penghubung rangkaian (Serway & Jewett, 2004). Ketika kedua plat dihubungkan dengan sumber tegangan listrik, masing-masing plat konduktor membawa muatan yang sama besar dan berlawanan tanda yaitu  $+Q$  dan  $-Q$ . Muatan-muatan tersebut akan dipindahkan dari satu plat konduktor ke konduktor yang lain sampai beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif masing-masing plat sama dengan beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif sumber tegangan luar (Sinclair & Dunton, 2007). Berikut merupakan gambaran garis gaya pada dua plat konduktor yang membawa muatan sama besar dan berlawanan tanda:



Gambar 2.2 Ketika kapasitor diberi tegangan listrik, masing-masing konduktor membawa muatan sama besar dan berlawanan tanda (Sumber: Serway & Jewett, 2004)

Hubungan antara muatan dan beda potensial pada kapasitor dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = C.V$$

2.1

Dimana,  $Q$  jumlah muatan dalam satuan coloumb,  $C$  kapasitansi suatu kapasitor dalam satuan farad, dan  $V$  beda potensial dalam satuan volt. Dari persamaan 2.1 didapatkan bahwa jumlah muatan berbanding lurus dengan beda potensial diantara kedua plat konduktor (Serway & Jewett, 2004).

Kapasitansi adalah ukuran kapasitas suatu kapasitor untuk menyimpan muatan terhadap beda potensial yang diberikan. Satuan kapasitansi adalah coloumb per volt dan satuan tersebut dinamakan farad (F). Nama farad diberikan untuk menghormati Michael Faraday atas kontribusinya mengembangkan konsep kapasitansi. Farad merupakan satuan kapasitansi kapasitor yang sangat besar. Umumnya kapasitor memiliki besar kapasitansi mulai dari  $1 \mu\text{F}$  (microfarad= $10^{-6}$ ) sampai  $1 \text{ pF}$  (pikofarad =  $10^{-12}\text{F}$ ) (Tipler, 2004). Menurut Giancoli (2009) nilai kapasitansi suatu kapasitor plat sejajar tersebut hanya tergantung pada ukuran, bentuk, jarak relatif antara dua plat konduktor, dan material pemisah dua plat tersebut. Nilai kapasitansi suatu kapasitor plat sejajar dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$C$  = kapasitansi (F)

$\epsilon_0$  = permitivitas ruang hampa ( $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ )

$A$  = luas penampang masing-masing plat ( $\text{m}^2$ )

$d$  = jarak pisah antar plat kapasitor (m)

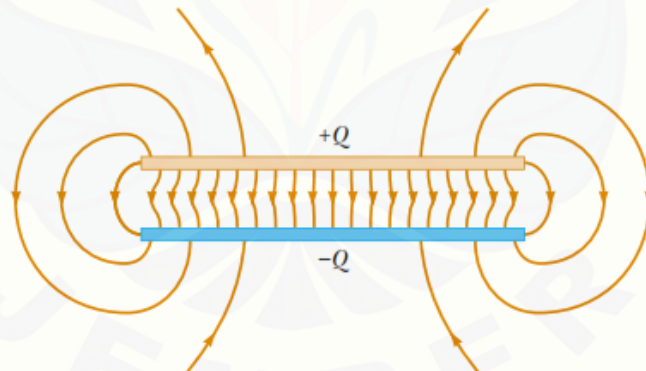
Persamaan diatas berlaku untuk sebuah kapasitor plat sejajar yang berada di dalam vakum (hampa udara). Nilai kapasitansi akan meningkat jika luas permukaan masing-masing plat kapasitor lebih besar dari jarak pisah antara kedua plat tersebut. Jumlah energi yang disimpan pada plat kapasitor dengan luas yang besar

akan meningkat karena muatan yang terakumulasi akan terdistribusi secara merata pada luas plat tersebut (Serway & Jewett, 2004).

Beda potensial yang muncul pada dua plat kapasitor disebabkan karena adanya muatan pada masing-masing plat konduktor. Beda potensial yang diberikan terhadap kapasitor tersebut akan menimbulkan medan listrik  $E$  diantara plat-platnya. Kuat medan listrik yang ditimbulkan akan menjadi lebih besar jika muatan yang diberikan tersebut besar dan jarak antara dua plat konduktor lebih kecil dari luas masing-masing plat tersebut. Akibat jarak pisah dua plat konduktor yang lebih kecil dari luas masing-masing plat menyebabkan medan listrik  $E$  diantara dua plat tersebut terdistribusi seragam. Hal ini mengakibatkan garis-garis gaya akan sejajar dan berjarak sama terhadap satu dengan lainnya (Halliday & Resnick, 1984). Diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad (2.3)$$

Berikut merupakan gambaran garis gaya medan listrik antara dua plat konduktor:

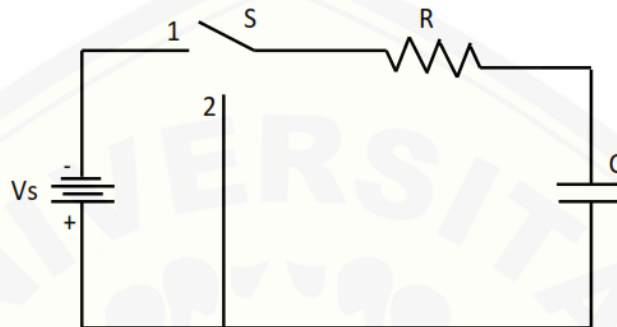


Gambar 2.3 Medan listrik antara dua plat kapasitor sejajar

(Sumber: Serway dan Jewett, 2004)

Garis-garis medan listrik tersebut terdistribusi merata pada bagian pertengahan dan tidak terdistribusi merata pada bagian ujung-ujung plat. Pengaruh medan listrik pada bagian ujung-ujung plat dapat diabaikan jika jarak pisah antar keping sangat kecil dibandingkan dengan panjang platnya.

Menurut Sutrisno (1986) ada dua hal penting yang perlu diperhatikan pada kapasitor, yaitu proses pengisian dan pengosongan muatan pada masing-masing plat konduktor. Berikut ini gambar yang menjelaskan peristiwa pengisian muatan kapasitor:



Gambar 2.4 Pengisian dan pengosongan muatan kapasitor  
(Sumber : Sutrisno, 1986)

Ketika saklar S dihubungkan ke posisi 1, terjadi aliran arus melalui hambatan R yang akan mengisi muatan kapasitor. Muatan kapasitor C tidak secara langsung terisi penuh, namun memerlukan waktu. Kapasitor akan terisi muatan sesuai persamaan dibawah ini:

$$q(t) = \int_0^t i dt \quad (2.4)$$

Tegangan kapasitor akan bertambah secara eksponensial terhadap waktu, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-t/RC}) \quad (2.5)$$

Keterangan:

$V_C$  = tegangan kapasitor (V)

$\varepsilon$  = sumber tegangan (V)

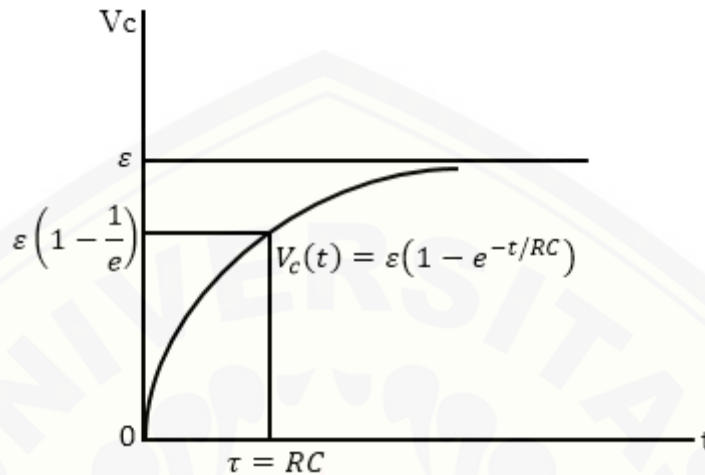
$t$  = waktu pengisian muatan kapasitor (s)

$R$  = resistansi resistor ( $\Omega$ )

$C$  = kapasitansi kapasitor (F)



Arus pengisian akan berhenti mengalir ketika tegangan kapasitor sama dengan tegangan sumber. Inilah yang dinamakan proses pengisian kapasitor.



Gambar 2.5 Perubahan tegangan kapasitor terhadap waktu  
(Sumber: Sutrisno, 1986)

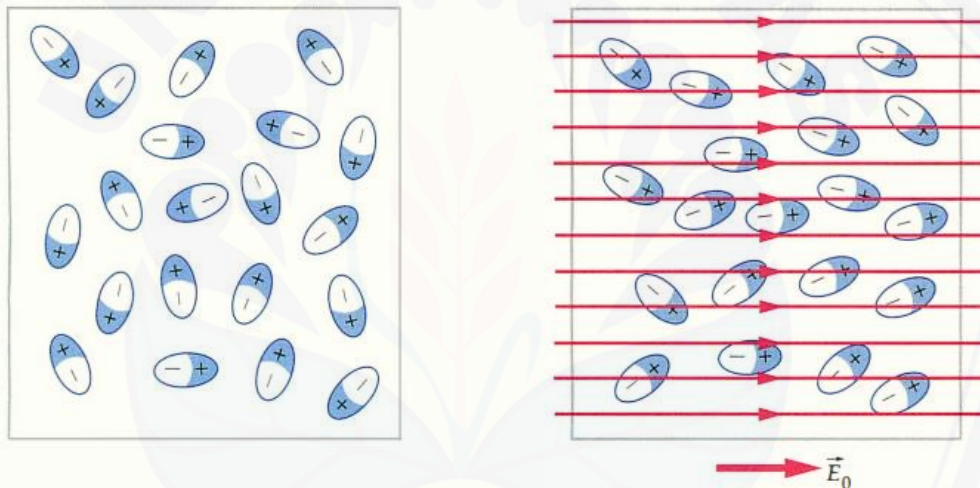
Waktu pengisian akan semakin lama jika nilai resistansi dan kapasitansi kapasitor semakin besar. Jika saklar  $S$  pada gambar dihubungkan ke posisi 2, arus akan mengalir yang arahnya berlawanan pada proses pengisian. Dalam hal ini kapasitor akan mengeluarkan energi listrik yang disimpan. Inilah yang dinamakan proses pengosongan muatan. Tegangan kapasitor pada peristiwa pengosongan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_c(t) = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (2.6)$$

## 2.2 Dielektrik

Dielektrik merupakan bahan isolator yaitu bahan yang sukar dilewati arus listrik. Hal ini terjadi karena bahan dielektrik tidak memiliki muatan bebas, yaitu elektron-elektronnya terikat kuat pada atom atau molekulnya. Ditinjau dari sifat polar, bahan dielektrik dibagi menjadi dua, bahan dielektrik polar dan bahan dielektrik non polar. Bahan dielektrik polar memiliki momen dipol listrik dengan arah acak sebelum diberikan medan listrik luar. Namun, setelah diberikan medan listrik luar, momen dipol tersebut akan mensejajarkan arahnya searah dengan arah

medan listrik luar yang diberikan (bahan dielektrik terpolarisasi). Bahan dielektrik polar seperti air memiliki momen-momen dipol listrik permanen. Bahan dielektrik non polar memiliki momen dipol listrik setelah diberi atau berada dalam medan listrik (peristiwa induksi listrik). Arah dari momen dipol listrik tersebut akan sama dengan arah medan listrik eksternal (Serway & Jewett, 2004). Kemampuan momen dipol tersebut untuk mensejajarkan arah tergantung pada kuat medan listrik yang diberikan dan temperatur. Temperatur mempengaruhi pergerakan molekul-molekulnya (Halliday & Resnick, 1984). Berikut gambaran momen dipol listrik untuk bahan dielektrik polar:



Gambar 2.6 Momen-momen dipol listrik pada dielektrik polar (a) sebelum diberikan medan listrik eksternal dan (b) setelah diberikan medan listrik eksternal (Tipler, 2004)

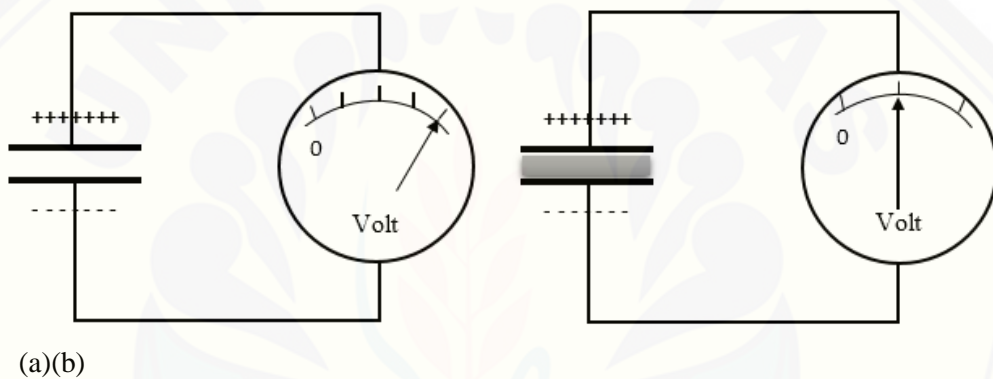
Umumnya bahan dielektrik yang digunakan oleh kapasitor mempengaruhi nilai kapasitansinya bahwa kapasitansi akan semakin bertambah besar jika diantara plat-plat kapasitor diisi dengan dielektrik. Nilai kapasitansi akan konstan setelah momen dipol-momen dipol listrik dari bahan dielektrik searah dengan arah medan listrik eksternal yang diberikan (Halliday & Resnick, 2011). Bahan dielektrik dapat meningkatkan kapasitansi dengan faktor konstanta  $\kappa$ . Konstanta  $\kappa$  tersebut dinamakan konstanta dielektrik dari suatu bahan dielektrik (Giancoli, 2001). Konstanta dielektrik merupakan nilai efektifitas dari suatu substansi



partikel dalam mengurangi medan listrik yang mengenai suatu bahan (Beiser, 1962). Menurut Giancoli (2001) untuk kapasitor plat sejajar yang diantara kedua plat diletakkan bahan dielektrik, didapatkan persamaan kapasitansi yang dituliskan sebagai berikut:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \quad (2.7)$$

Bahan dielektrik yang diletakkan diantara kedua plat kapasitor menyebabkan menurunnya beda potensial, sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Perbedaan potensial listrik diantara kedua plat kapasitor tanpa bahan dielektrik (a) dan dengan bahan dielektrik (b) (Halliday & Resnick, 2011)

Masing-masing plat kapasitor tersebut mengangkut jumlah muatan yang sama. Dari gambar diatas terlihat bahwa perbedaan potensial listrik diantara plat-plat kapasitor dengan bahan dielektrik lebih kecil daripada perbedaan potensial listrik diantara kedua plat kapasitor tanpa bahan dielektrik dengan faktor sebesar  $1/\kappa$ , yaitu:

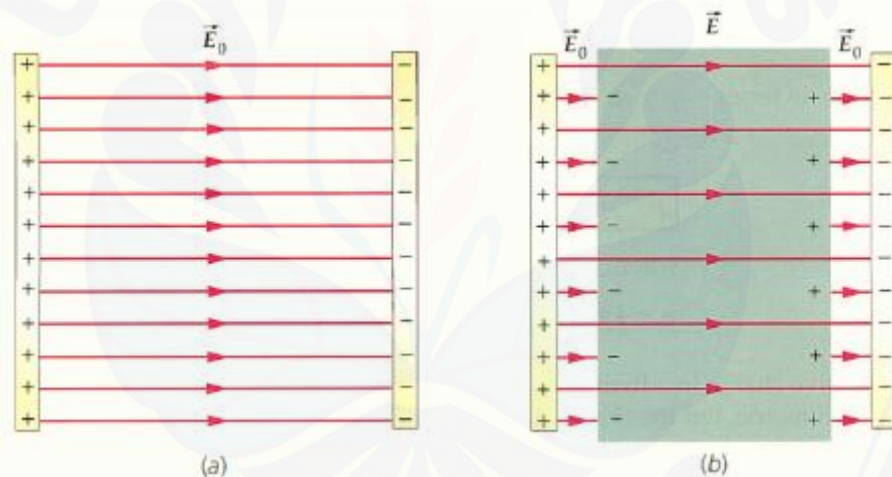
$$V_d = V_0/\kappa \quad (2.8)$$

Dengan  $V_d$  perbedaan potensial listrik diantara kedua plat kapasitor dengan bahan dielektrik dan  $V_0$  perbedaan potensial listrik diantara kedua plat kapasitor tanpa bahan dielektrik (Halliday & Resnick, 1984). Sesuai dengan persamaan  $C = Q/V$

didapatkan bahwa perbedaan potensial berpengaruh terhadap besar nilai kapasitansi kapasitor, yang dinyatakan dengan persamaan (Serway & Jewett, 2004):

$$C = \kappa C_0 \quad (2.9)$$

Medan listrik yang muncul diantara dua plat kapasitor akan menurun ketika bahan dielektrik disisipkan diantara kedua plat tersebut. Medan listrik ini mempolarisasikan molekul-molekul bahan dielektrik. Sehingga menghasilkan suatu rapat muatan induksi yang terikat pada permukaan dielektrik dan menghasilkan medan listrik induksi yang berlawanan dengan medan listrik luar (Serway & Jewett, 2004). Sebagaimana digambarkan bahwa:



Gambar 2.8 Medan listrik antara dua plat kapasitor (a) tanpa bahan dielektrik dan (b) dengan bahan dielektrik (sumber: Tipler, 2004)

Setiap bahan dielektrik memiliki nilai konstanta dielektrik yang khas. Menurut Serway & Jewett (2004) beberapa nilai konstanta dielektrik untuk beberapa bahan dielektrik ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Nilai konstanta dielektrik dan kekuatan dielektrik dari berbagai bahan pada suhu kamar

Bahan	Konstanta dielektrik $\kappa$	Kekuatan dielektrik ( $10^6$ V/m)
Udara (kering)	1,00059	3
Bakelit	4,9	24
Leburan kuarsa	3,78	8
Mylar	3,2	7
Karet neoprene	6,7	12
Nilon	3,4	14
Kertas	3,7	16
Kertas berisi parafin	3,5	11
Polistirena ( <i>polystyrene</i> )	2,56	24
Polivinil klorida (PVC)	3,4	40
Porselen	6	12
Kaca Pyrex	5,6	14
Minyak silikon	2,5	15
Strontium titanat	233	8
Teflon	2,1	60
Ruang hampa	1,000 00	-
Air	80	-

(Sumber: Serway &amp; Jewett, 2004)

Sedangkan toleransi kapasitor menyatakan besaran penyimpangan dari nilai kapasitansi (tertera pada sebuah kapasitor) dengan bahan dielektrik tertentu yang digunakan. Harga toleransi kapasitor untuk kapasitor berbahan dielektrik seperti berikut:

Tabel 2.2 Harga toleransi kapasitor untuk berbagai dielektrik pada suhu kamar

Jenis kapasitor	Jangkauan	Toleransi (%)
Kertas	10nF-10uF	10
Mika perak	5 pF-10nF	0,5
Keramik	5 pF-1uF	10
Poliester	100 pF- 2uF	5
Elektrolit	1 uF-2000 uF	10

(Sumber: Frandhoni, 2016)

Pengetahuan mengenai nilai konstanta dielektrik suatu bahan, utamanya bahan biologis berguna untuk mengetahui sifat fisis suatu bahan biologis tersebut. Sifat fisis bahan tersebut adalah kadar air, kandungan ionik, dan komposisi kimia

dari bahan (Suyanto dalam Komisah, 2001). Selain itu, menurut Hermawan dalam Juansah, dkk (2012) sifat fisis lain yang dapat diketahui adalah kadar gula, densitas, geometrik dan kehomogenan bahan. Umumnya data-data tersebut dapat digunakan sebagai penentu dari mutu bahan pangan biologis.

Nilai sifat dielektrik bahan biologis besarnya ditentukan oleh kandungan airnya. Sifat dielektrik tersebut menggambarkan kemampuan dari suatu bahan untuk menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik (Harmen dkk dalam Juansah & Irmansyah, 2007). Kematangan dari bahan biologik merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui berkaitan dalam penentuan kualitasnya. Identifikasi kematangan bahan biologis misalnya buah, dapat dilakukan menggunakan sifat dielektrik yang dimiliki buah tersebut (Soltani dkk dalam Gulita dkk, 2015).

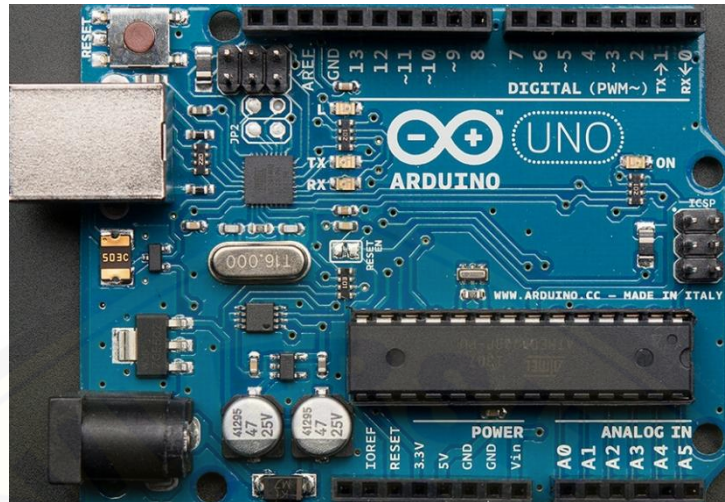
### 2.3 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah *platform* elektronik yang sifatnya *open source*, berdasarkan pada *software* (perangkat lunak) dan *hardware* (perangkat keras) yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk para seniman, desainer, dan setiap orang yang tertarik untuk membuat objek atau lingkungan yang interaktif (arduino.cc, 2015). Sifatnya yang *open source* memberikan kemudahan untuk siapa saja dalam bereksperimen secara bebas dan gratis dalam bidang elektronika (Dinata, 2014). *Platform* sebuah Arduino terdiri atas *board* Arduino, *shield*, bahasa pemrograman khusus yaitu bahasa pemrograman Arduino, dan lingkungan pemrograman atau IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino. *Shield* merupakan papan yang dipasang diatas *board* Arduino dan berguna untuk memberi tambahan kemampuan dari *board* Arduino. Salah satu kelebihan Arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah IDE Arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Macintosh, dan Linux (Artanto, 2012). Selain itu, Arduino memiliki *input/output* sederhana (Banzi, 2011).

Arduino memiliki banyak jenis, misalnya Arduino Duemilanove, Arduino Fio, Arduino Lilypad, Arduino Uno, dan Arduino Mega. Setiap jenis Arduino tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda-beda sehingga dalam memilih yang terbaik sebaiknya disesuaikan dengan kegunaan dan kebutuhan (Dinata, 2014). Arduino Uno merupakan jenis Arduino yang paling banyak digunakandan *board* yang didokumentasikan oleh seluruh pengguna Arduino. Kata Uno memiliki arti “satu” dalam bahasa Italia, dan kata tersebut dipilih untuk menandakan pelepasan *software* Arduino (IDE) 1.0 yang merupakan versi dasar dari Arduino (arduino.cc, 2015).

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input/output pin* (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset*. *Pin – pin* ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB (*Universal serial Bus*) atau sumber tegangan lain yang bisa didapat dari adaptor AC–DC atau baterai untuk menggunakannya (arduino.cc, 2015). Apabila Arduino Uno dihubungkan sumber tegangan melalui adaptor secara bersamaan dengan *port*USB, maka Arduino akan secara otomatis menggunakan daya yang berasal dari adaptor (Artanto, 2012). Selain koneksi USB pada Arduino berfungsi sebagai sumber tegangan (*power*), terdapat fungsi lainnya yaitu untuk membuat program dari komputer ke papan Arduino dan komunikasi serial antara keduanya (Dinata, 2014). Ada dua buah kaki I/O pada Arduino yang khusus digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer, yaitu kaki digital D0 dan D1. Kaki digital D0 berfungsi untuk menerima data (*receive*), pada *board* arduino terdapat tanda RX dan kaki D1 berfungsi untuk mengirimkan data (*transmit*), pada *board* arduino terdapat tanda TX (Artanto, 2012).





Gambar 2.9 Arduino Uno  
(Sumber: arduino.cc, 2015)

Pin-pin tegangan yang terdapat pada *board* Arduino Uno adalah:

- Pin Vin. Pin ini adalah pin tegangan masukan ke *board* Arduino Uno ketika menggunakan sumber daya eksternal selain menggunakan koneksi USB atau sumber daya lainnya.
- Pin 5V. Pin ini menyediakan tegangan yang teregulasi sebesar 5 volt yang berasal dari regulator (penstabil) tegangan pada *board* Arduino Uno.
- Pin 3,3 volt. Pin ini menyediakan tegangan yang teregulasi sebesar 3.3 volt yang berasal dari penstabil tegangan pada *board* Arduino.
- GND. Pin ground.

Arduino dapat beroperasi dengan baik dengan diberikan tegangan masukan yang direkomendasikan untuk *Board* Arduino Uno yaitu 7-12 volt. Jika *board* Arduino diberikan tegangan kurang dari 7 volt, maka akan membuat Arduino bekerja tidak stabil, dikarenakan pin 5 volt akan menyediakan tegangan dibawah 5 volt. Akan tetapi, jika menggunakan tegangan lebih dari 12 volt, akan menyebabkan regulator (penstabil) tegangan kemungkinan akan menjadi terlalu panas dan akan merusak *board* Arduino (arduino.cc, 2015).



Data teknis dari *board* Arduino Uno dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.3 Data teknis *board* Arduino Uno

Komponen	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATMega328
Tegangan operasi	5 volt
Tegangan masukan ( <i>recomended</i> )	7-12 volt
Tegangan masukan ( <i>limit</i> )	6-20 volt
Pin digital I/O	14
Pin analog <i>input</i>	6
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3,3 volt	50 mA
<i>Flash memory</i>	32 Kb dengan 0,5 KB untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz

(Sumber: Halvorsen, 2013)

Kaki *input/output* digital sebanyak 14 kaki yang dimiliki arduino Uno, yaitu di kaki D0 sampai D13, dan 6 kaki *input* analog, yaitu di kaki A0 sampai A5. Keenam kaki *input* analog ini memiliki tambahan rangkaian ADC di dalamnya, dengan resolusi ADC sebesar 10 bit. Rangkaian ADC (*analog to digital converter*) adalah rangkaian pengubah sinyal analog menjadi digital. Sedangkan Resolusi 10 bit tersebut artinya untuk tegangan masukan 0-5V, nilai digital yang dihasilkan memiliki jangkauan nilai dari 0-1023 (Artanto, 2012).

Mikrokontroller ATMega328 pada *board* arduino Uno termasuk mikrokontroler AVR 8 bit yang diproduksi oleh **ATMEL Corporation** dengan desain menggunakan arsitektur *Harvard* (Dinata, 2014). Mikrokontroler ini bekerja kompatibel dengan *board* Arduino Uno. *Bootloader* pada mikrokontroler ATMega328 memberikan kemudahan dalam mengupload kode program baru ke memorinya sendiri saat berkomunikasi tanpa menggunakan pemrogram *hardware* eksternal. Selain itu, mikrokontroler ini menggunakan teknologi CMOS dengan kinerja tinggi dengan dilengkapi ADC internal, EEPROM internal, SRAM internal, memori flash, *Timer/Counter*, PWM (*Pulse Width Modulation, analog*

*comparator*), dan lain-lain (Alf and Vegard's Risc Processor dalam Fatwanto, 2013).

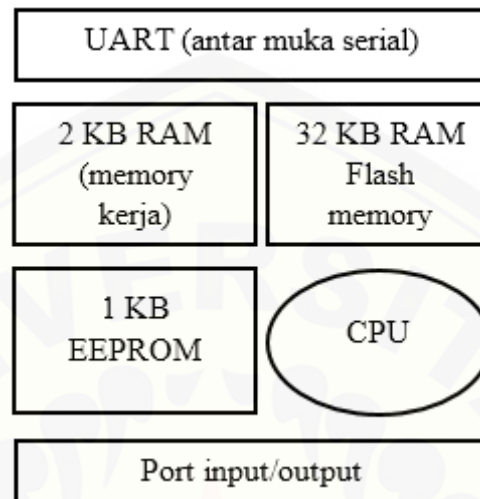
Menurut Alf and Vegard's Risc Processor dalam Fatwanto (2013) berikut spesifikasi mikrokontroler ATmega328 adalah:

1. Saluran I/O (*input-output*) sebanyak 28 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*.
2. ADC internal sebanyak 6 saluran.
3. 6 saluran PWM.
4. SRAM sebesar 2 Kb.
5. EEPROM sebesar 1 Kb yang dapat diprogram saat operasi.
6. Memori Flash sebesar 32 Kb dengan kemampuan *Read While Write*.
7. Kemampuan me-*reset* ketika program berjalan
8. *Port* antarmuka SPI
9. Internal kalibrasi *Oscillator*
10. External dan internal *interrupt source*.
11. 6 *sleep mode*.
12. Voltase ketika pengoperasian sebesar 1,8 – 5,5 V.
13. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 20MHz.
14. Mendukung *Programming lock* untuk keamanan *software*.
15. *Real Time Counter* dengan Separasi *Oscillator*.



Gambar 2.10 Mikrokontroler ATmega328  
(Sumber: Fatwanto, 2013)

Menurut Dinata (2014) gambaran asitektur mikrokontroler ATmega328 yang digunakan oleh Arduino ditampilkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.11 Arsitektur ATmega328

(Sumber: Dinata, 2014)

Keterangan gambar 2.3 adalah sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) merupakan antarmuka yang digunakan untuk komunikasi secara serial, seperti pada RS-232, RS-422, dan RS-485.
- 2KB RAM pada memori kerja yang sifatnya volatile (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
- 32KB RAM merupakan flash memori yang bersifat non-volatile dan digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memori juga menyimpan *bootloader*.
- *Boatloader* merupakan program inisiasi dengan ukuran kecil. *Boatloader* ini akan dijalankan oleh CPU ketika daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, kemudian program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat non-volatile. Komponen ini digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Namun, komponen ini tidak digunakan pada papan arduino.

- *Central Processing Unit* (CPU) merupakan bagian yang berfungsi untuk menjalankan setiap intruksi dari program (*sketch*) yang dibuat.
- *Port Input/Output*, pin-pin ini digunakan untuk menerima data (*input*) baik data digital maupun analog dan mengeluarkan data (*output*) berupa digital maupun analog.

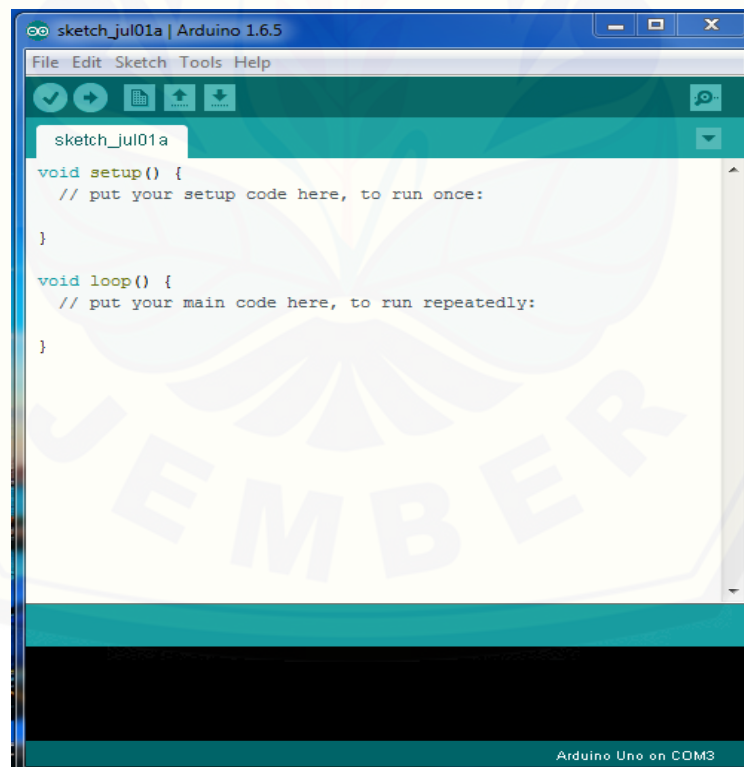
Mikrokontroler ATmega328 pada *board* arduino Uno dapat diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman dan lingkungan pemrograman (IDE) Arduino. Bahasa pemrograman pada Arduino digunakan untuk membuat program yang akan ditanamkan pada *board* Arduino, agar *board* Arduino dapat beroperasi sesuai instruksi yang diberikan. Ada tiga bagian utama dalam bahasa pemrograman Arduino, yaitu *Structur*, *Variable*, dan *Function*. Kerangka program arduino hanya terdiri atas dua bagian atau fungsi, yaitu **void setup()** dan **void loop()**. **Void setup()** merupakan bagian yang berisi kode program yang dijalankan hanya satu kali setelah arduino dihidupkan atau di-*reset* dan biasanya digunakan untuk inisialisasi program (pengaturan *input*, pengaturan serial, dan lain-lain). **Void loop()** merupakan bagian yang berisi kode program untuk dijalankan secara berulang-ulang, biasanya untuk membaca *input* atau men-*trigger output*. Untuk mempelajari bahasa pemrograman Arduino, dapat membuka **Reference** di menu **Help** pada *userfecesoftware* Arduino (Artanto, 2012).

IDE (*integrated developmentenvironment*) Arduino adalah sebuah *software* yang berfungsi untuk menulis program, mengkompilasi program menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler pada *board* arduino. *Software* Arduino bersifat gratis dan memungkinkan oleh pengguna untuk menambah dan mengurangi *library* yang sudah ada. *Library* pada *software* Arduino memberikan kemudahan untuk lebih memahami tentang bahasa pemrograman dan membuat objek yang lebih interaktif. Untuk proses instalasi di windows, pengguna hanya tinggal mengekstrak file *software* arduino dan menempatkannya di lokasi yang diinginkan. *Software* ini terdiri atas editor teks, area pesan, konsol,

*toolbar*, dan menu-menu lainnya. *Toolbar* yang ada pada *software* Arduino diantaranya adalah *verify*, *upload*, *new*, *open*, *save*, dan *serial monitor*.

Menurut Artanto (2012) fungsi tombol pada *toolbar software* Arduino adalah:

- *Verify*, berfungsi mengecek apakah ada kesalahan pada kode program atau *sketch* yang dibuat.
- *Upload*, berfungsi untuk mengirimkan kode mesin ke *board* arduino.
- *New*, berfungsi untuk program baru.
- *Open*, berfungsi untuk membuka program yang sudah ada di dalam *sketchbook*, yaitu tempat standar untuk menyimpan program.
- *Save*, berfungsi untuk menyimpan program yang dibuat,
- *Serial monitor*, berfungsi untuk membuka *serial monitor*, yaitu menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.



Gambar 2.12 Tampilan muka *software* Arduino IDE 1.6.5



Untuk menggunakan software ini, dibutuhkan kabel USB untuk berkomunikasi dengan *board* arduino. Jendela editor adalah tempat untuk membuat program atau *sketch*. Program yang sudah dibuat dengan benar akan dikompilasi dengan memilih tombol *verify* pada *tollbar software* arduino. Proses kompilasi adalah proses mengubah kode program menjadi kode mesin dan proses kompilasi dinyatakan berhasil jika muncul tulisan “*done compiling*”. Kemudian, meng-*upload* kode mesin tersebut ke *board* arduino. Sebelum hal itu dilakukan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu pemilihan tipe *board* arduino dan saluran serial *port* yang digunakan. Jika kedua hal tersebut sudah dilakukan dengan benar, proses *upload* bisa dijalankan dengan cara memilih tombol *upload*. Proses *upload* dinyatakan selesai jika muncul tulisan “*done uploading*” dan tahap berikutnya adalah menyimpan program tersebut dengan memilih tombol *save* (Artanto, 2012).

#### **2.4 LCD (*Liquid Crystal Display*)**

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik angka, huruf, kata, dan semua sarana simbol dengan lebih bagus dan serbaguna (Iswanto, 2001). Salah satu jenis display elektronik adalah LCD (*liquid crystal display*) yang dibuat menggunakan teknologi *crystal* cair. *Crystal* cair tersebut disusun dalam gelas plastik atau kaca yang dilengkapi dengan rangkaian elektronik (Nurcahyo, 2012). Menurut Widodo (2002), didalam LCD terdapat kontroler CMOS yang berfungsi sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Salah satu variasi bentuk dan ukuran LCD yang adalah 16 x 2 karakter dan 16 pin. Modul LCD ini berukuran 16 kolom, 2 baris, sehingga dapat menampilkan hingga 2 karakter. Akses 16 pin yang tersedia memiliki 8 jalur hubungan data. 3 jalur hubungan kontrol, dan 3 jalur catu daya.

Menurut Nurcahyo (2012) LCD dapat menampilkan angka atau huruf, dikarenakan didalam LCD terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai chip



pengendali tampilan LCD. Selain itu juga diperlukan rangkaian pengatur *scanning* dan pembangkit tegangan sinus. Mikrokontroler pada LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan oleh mikrokontroler internal LCD adalah:

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), yaitu memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), yaitu memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), yaitu memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan LCD, sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.



Gambar 2.13 LCD 2 x 16  
(sumber: Aliexpress, 2015)

Nalwan (2004) menjelaskan fungsi dari setiap kaki pada komponen LCD, diantaranya:

1. Kaki 1 (GND): kaki ini dihubungkan dengan tegangan 0 volt atau *ground* dari modul LCD.
2. Kaki 2 (VCC): kaki ini dihubungkan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
3. Kaki 3 (VEE/VLCD): kaki ini merupakan pin kontrol Vcc yang digunakan untuk pengaturan kontras *display*. Kaki ini dihubungkan pada tegangan yang dapat diubah untuk memungkinkan pengaturan tingkatan kontras *display* yang dibutuhkan. Kontras mencapai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0V.
4. Kaki 4 *Register Select* (RS): merupakan kaki pemilih register yang akan diakses, masukan yang pertama dari 3 *command control input*. Untuk kebutuhan akses keregister data, logika dari kaki ini adalah 1 (HIGH) dan untuk kebutuhan akses keregister perintah, logika dari kaki ini adalah 0 (LOW).
5. Kaki 5 *Read/Write* (R/W): kaki ini digunakan untuk mode pembacaan maupun mode penulisan. logika 1 (HIGH) pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan data karakter atau informasi status registernya dan logika 0 (LOW) menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan karakter ke modul. Kaki ini dapat dihubungkan dengan *ground*, apabila dalam pengaplikasian tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD.
6. Kaki 6 *Enable Clock* (E): kaki ini digunakan untuk transfer aktual perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Logika 1 (HIGH) pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
7. Kaki 7-14 Data Bus (D0-D7): kaki-kaki ini merupakan bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit maupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data dan dari *display*.
8. Kaki 15 (Anoda): kaki ini berfungsi sebagai tegangan DC +5 V dari *backlight* modul LCD.

9. Kaki 16 (Katoda): kaki ini berfungsi sebagai tegangan 0 *Vbacklight* modul LCD.

## 2.5 Buah Tomat

Menurut Cahyono (1998) klasifikasi tanaman tomat secara sistematis dalam ilmu botani sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas (class)	: Dicotyledone
Bangsa (Ordo)	: Tubiflorae
Suku (Famili)	: Solanaceae
Marga (Genus)	: <i>Lycopersicum</i>
Jenis (Species)	: <i>Lycopersicon lycopersicum</i> (L) Karst

Tomat merupakan salah satu komoditas penting dalam bidang pertanian yang sangat bermanfaat dalam menunjang ketersediaan pangan dan kecukupan gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan kesehatan. Dalam pembudidayaannya tanaman tomat djalarkan pada seturus bambu atau kayu supaya dapat tumbuh vertikal. Hal ini dilakukan karena pertumbuhan tanaman tomat menjalar di permukaan tanah yang panjangnya dapat mencapai 2 meter (Cahyono, 1998). Tomat termasuk tanaman setahun (*annual*) yaitu golongan tanaman yang memiliki siklus hidup pendek yang umurnya hanya satu kali reproduksi kemudian mati (Tim Penulis PS, 2009).

Produksi buah tomat di Indonesia cukup besar dengan didukung permintaan pasar yang besar. Salah satu produsen tomat terbesar adalah daerah Lembang Bandung yang mampu menjual kurang lebih 150 ton/hari pada saat panen raya (Tim Penulis PS, 2009). Hal yang memicu tingginya permintaan pasar akan buah tomat adalah kesadaran masyarakat akan kandungan nilai gizi tinggi dengan didukung dari segi harga yang terjangkau dan kemajuan dalam bidang industri

pengolahan makanan. Disamping peluang pasar dalam negeri yang cukup besar, buah tomat juga merupakan salah satu komoditi ekspor. Hal tersebut menunjukkan bahwa bisnis buah tomat memiliki prospek yang menjanjikan (Cahyono, 1998). Berikut merupakan gambar buah tomat:



Gambar 2.14 Penampilan buah tomat  
(sumber: Spesialis obat herbal, 2015)

Buah tomat memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Bentuk buah tomat diantaranya adalah lonjong, oval, pipih, dan bulat. Diameter buah tomat antara 2 cm sampai 15 cm (Tim Penulis PS, 2009). Ukuran buah tomat yang paling kecil memiliki berat sekitar 8 gram dan ukuran yang besar memiliki berat sekitar 180 gram. Bentuk dan ukuran tersebut tergantung pada varietasnya. Buah tomat berwarna hijau dan berbulu serta relatif keras ketika masih muda. Buah tomat yang masih muda mengandung zat *lycopersicin* yang berbentuk lendir, sehingga menyebabkan buah tersebut memiliki rasa getir dan aroma yang tidak enak. Namun ketika proses pematangan, bau tersebut lambat laun akan hilang dan buah tomat akan berwarna merah muda, merah atau kuning cerah dan mengkilat. Daging buah tomat yang lunak agak keras membatasi biji-biji yang berwarna putih kekuning-kuningan dan tersusun berkelompok. Lendir pada buah tomat menyebabkan biji tersebut tersusun saling melekat diantara ruang-ruang susunan biji (Cahyono, 1998).

Buah tomat memiliki banyak jenis. Dasar yang digunakan untuk membedakan jenis buah tomat diantaranya adalah dilihat dari perbedaan bentuk buah, ukuran, ketebalan daging, kandungan air, kandungan gula, ketahanan terhadap penyakit, dan daya produktivitasnya. Beberapa jenis buah tomat tersebut adalah jenis Servo F1, Golden Pearl, Season Red, Lovely Red, Fortune, Farmers 209, Farmers 301, Kingkong, New Wonder No. 4, Ratna, Moneymaker, dan jenis Kada serta masih banyak jenis tomat lainnya. Jenis-jenis buah tomat tersebut memiliki keunggulan dalam hal produksi, ketahanan terhadap penyakit dan daya adaptasi terhadap lingkungan (Cahyono, 1998).

Buah tomat merupakan salah satu jenis sayuran yang baik untuk dikonsumsi. Baik dikonsumsi secara langsung maupun dijadikan dalam bentuk bahan olahan. Kandungan gizi buah yang cukup dan cita rasa buah yang berbeda dengan buah lainnya menjadikan buah ini digemari oleh masyarakat sebagai konsumen (Tim Penulis PS, 2009). Kandungan Zat Gizi buah tomat dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Kandungan nilai gizi dan kalori dalam buah tomat per 100 gram bahan makanan

Jenis zat	Sari air tomat	Tomat muda	Tomat masak
Kalori (kal)	15	23	20
Protein (g)	1	2	1
Lemak (g)	0,2	0,7	0,3
Karbohidrat (g)	3,5	2,3	4,2
Vitamin A (sI)	600	320	1.500
Vitamin B (mg)	0,5	0,07	0,6
Vitamin C (mg)	10	30	40
Kalsium (mg)	7	5	5
Fosfor (mg)	15	27	26
Besi (mg)	0,4	0,5	0,5
Air (g)	94	93	94

(Sumber: Cahyono, 1998).

Buah tomat juga mengandung *lycopene*. *Lycopene* merupakan salah satu antioksidan alami yang terkandung di dalam buah tomat dengan kadar 3-100 ppm dan merupakan penyebab buah tomat berwarna merah. Diketahui bahwa *lycopene*



memiliki kemampuan dalam mencegah penyakit kanker dan jantung. Oleh karena itu, dengan mengkonsumsi buah tomat baik bagi kesehatan hati (Bombardelli dalam Maulida & Zulkarnaen, 2010).

Umumnya buah tomat sudah dapat dipanen ketika mencapai umur 2-3 bulan. Penentuan waktu pemanenan ini tergantung pada varietas/jenis buah, umur panen, cara penanaman dan pemeliharaan selama masa pertumbuhan, dan tanda-tanda fisik buah secara umum. Faktor lingkungan yang mempengaruhi penentuan waktu panen adalah keadaan iklim, keadaan tanah, dan kesuburan tanah. Pemanenan buah dapat dilakukan hingga 7-10 kali dengan selang waktu 2-3 hari sekali (Cahyono, 1998).

Petani sering mengalami kesulitan dalam hal penentuan waktu panen yang tepat. Batas antara stadium muda dan tua sulit ditentukan, dengan tidak adanya perubahan yang begitu tampak jelas dalam ketegaran dan warna. Penentuan waktu panen yang tidak tepat akan mempengaruhi mutu buah. Buah tomat yang belum matang namun sudah dipanen, maka akan menghasilkan mutu buah jelek dan proses pematangan yang salah. Selain itu, penentuan waktu panen yang terlalu lama akan meningkatkan kepekaan buah terhadap pembusukan. Penentuan waktu panen juga harus mempertimbangkan jarak tujuan pemasaran dan lama waktu pengangkutan dengan tetap memperhatikan kriteria tingkat kematangan buah yang tepat (Tim Penulis PS, 2002).

Petunjuk yang paling umum digunakan petani untuk melihat tingkat kematangan buah adalah parameter warna buah menggunakan cara *visual*. Warna hijau menandakan buah masih muda/mentah, warna kekuning-kuningan menandakan buah setengah matang, dan warna merah menandakan buah matang (Sumoprastowo, 2000). Penentuan kematangan dengan cara kimiawi, perhitungan dan fisiologi masih jarang diterapkan karena keterbatasan sarana, prasarana dan pengetahuan yang dimiliki. Pengamatan dengan cara analisis kimiawi seperti kandungan gula, kadar asam, dan kadar pati. Sedangkan penentuan indek panen



dengan metode fisiologis ditentukan dengan mengukur tingkat respirasi buah (Santoso, 1998).

Menurut Cahyono (1998) penentuan waktu pemanenan buah tomat dapat dilakukan dengan membedakan tiga fase kematangan buah, yaitu sebagai berikut:

a. Fase hijau matang

Ditandai oleh warna kulit buah yang berwarna kuning gading pada ujung buah sudah mulai tampak. Jika buah diiris melintang, daging buah disekitar biji tampak seperti agar dan biji-bijinya menyamping pada pengirisan. Waktu pemanenan pada fase ini dapat dilakukan jika tujuan pemasaran berjarak jauh dan butuh waktu yang lama.

b. Fase matang pecah warna

Ditandai pada ujung buah sudah menunjukkan warna kemerah-merahan, namun pada pangkal buah masih terdapat warna hijau. Waktu pemanenan pada fase ini dapat dilakukan jika tujuan pemasaran tidak terlalu jauh dan butuh waktu yang tidak terlalu lama.

c. Fase matang sempurna

Ditandai oleh warna merah atau merah jambu pada seluruh kulit buah dan buah masih tetap tegar. Waktu pemanenan pada fase ini dapat dilakukan jika tujuan pemasaran pada jarak yang dekat atau untuk konsumsi langsung atau pengalengan.

Berikut ini merupakan tahap-tahap pemasakan pada buah tomat:



Gambar 2.15 Tahap-tahap pemasakan buah tomat

(Sumber: veggiegardener, 2015)

Menurut Santoso (2008) terjadinya perubahan pada buah yang telah matang akan mempengaruhi mutu dari buah tersebut. Salah satu perubahan yang terjadi adalah perubahan warna. Perubahan ini merupakan perubahan yang nampak jelas dan digunakan sebagai indikator buah dalam keadaan mentah, matang, dan sangat matang. Pada buah tomat, warna hijau akan cepat hilang setelah memasuki titik awal pemasakan. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh proses degradasi atau sintesis. Proses perubahan warna pada buah dimungkinkan karena terjadinya pemecahan klorofil sedikit demi sedikit secara enzimatik sehingga zat warna alami yang lainnya akan terbuka atau nampak. Perubahan secara enzimatik ini disebabkan adanya enzim klorofilase yang mengubah klorofil menjadi klorofilid yang letaknya berada dalam jaringan tanaman. Perubahan warna hijau hingga menjadi merah pada buah tomat disebabkan karena selama proses degradasi (kerusakan) klorofil diiringi dengan pembentukan karotenoid. Karotenoid merupakan pigmen warna dalam jaringan yang menyebabkan buah mengalami perubahan warna menjadi kuning, oranye, dan merah oranye.

Buah tomat termasuk contoh buah klimaterik, yaitu suatu buah yang mengalami peningkatan yang besar dalam laju produksi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan etilen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) selama terjadinya pematangan. Setelah dilakukan pemanenan, proses metabolisme buah tomat akan masih terus berlangsung dan buah tomat masih mempertahankan sistem fisiologis seperti pada saat masih melekat pada tanaman induk. Proses metabolisme tersebut adalah perubahan fisiologis, fisis, dan biokemis (Cahyono, 1998). Setelah dipetik, buah tomat akan mengalami perubahan warna, tekstur, mengadakan respirasi, dan mengadakan transpirasi. Beberapa tahapan dalam proses respirasi yang terjadi pada buah adalah sebagai berikut:

- a. Perombakan polisakarida menjadi gula-gula sederhana.
- b. Oksidasi gula-gula sederhana menjadi asam piruvat.
- c. Perubahan aerob dari piruvat dan asam-asam organik lain menjadi karbondioksida, air, dan energi.

Proses metabolisme menggunakan cadangan makanan pada buah tomat, sehingga lambat laun cadangan makanan tersebut akan berkurang. Hasil kegiatan tersebut menghasilkan suatu zat, yaitu zat etilen. Zat ini memacu semua fungsi kimiawi dalam buah dan mengakibatkan menjadi cepat masak (Sumoprastowo, 2000). Kondisi ini akan mempercepat proses hilangnya gizi pada buah dan mempercepat proses pemasakan buah serta memperpendek daya simpan (Wills, dkk dan Kays dalam Novita dkk (2012). Selain itu, kandungan air dan selulosa yang sangat tinggi menjadi pemicu cepatnya proses metabolisme tersebut.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2016 dengan kegiatan observasi awal yang telah dilaksanakan pada bulan Desember 2015.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. 1 buah Arduino Uno.
2. 2 buah plat PCB dengan ukuran masing-masing 6 cm x 6 cm.
3. 1 buah kabel *port* USB.
4. 1 buah LCD 2 x 16 tipe QC1602A.
5. *Software* Arduino IDE 1.6.5.
6. 12 pasang kabel *jumper*.
7. 1 buah adaptor AC-DC.
8. Trimpot.
9. Kapasitansi meter CM8601A<sup>+</sup>.
10. Multimeter digital Deko DM-96L.
11. Jangka sorong.
12. Gelas ukur 250 ml.

#### 3.2.2 Bahan

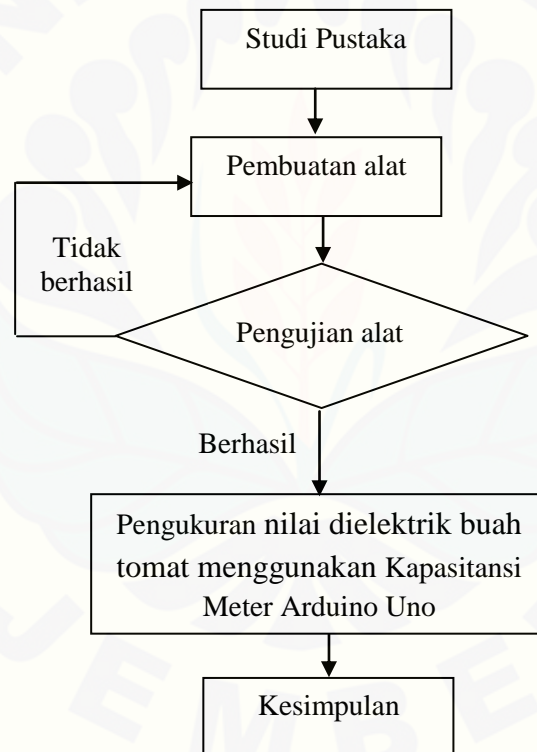
Bahan yang digunakan adalah :

1. 15 kapasitor, digunakan sebagai bahan uji.

2. 40 buah tomat, digunakan sebagai bahan yang akan diteliti.
3. Kayu, digunakan untuk membuat papan sensor.
4. Mika, digunakan untuk membuat box serangkaian alat.

### 3.3 Tahap Penelitian

Beberapa tahap yang dilakukan pada penelitian ini terdapat dalam bagan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Bagan Tahap Penelitian

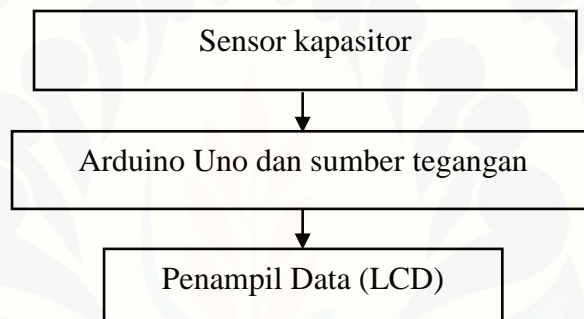
#### 3.3.1 Pembuatan alat Kapasitansi Meter Arduino Uno

Pada tahap ini dibuat suatu blok diagram fungsional dari rangkaian yang direncanakan. Pembuatan rangkaian dilakukan secara bertahap pada tiap-tiap blok untuk mempermudah pembuatan. Hal ini dimaksudkan supaya hasil dari tiap

rangkaian dapat diintegrasikan dengan desain selanjutnya dan hasil yang didapat lebih maksimal.

Alat dibuat untuk dapat mengukur besar kapasitansi, konstanta dielektrik, dan menampilkan karakter kematangan tomat dengan menerapkan prinsip kerja dari sensor kapasitor yang dibuat untuk dapat mendeteksi nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik dari objek penelitian yang digunakan. Pembuatan sistem alat ini meliputi rangkaian sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, sumber tegangan, dan LCD.

a. Diagram blok sistem keseluruhan



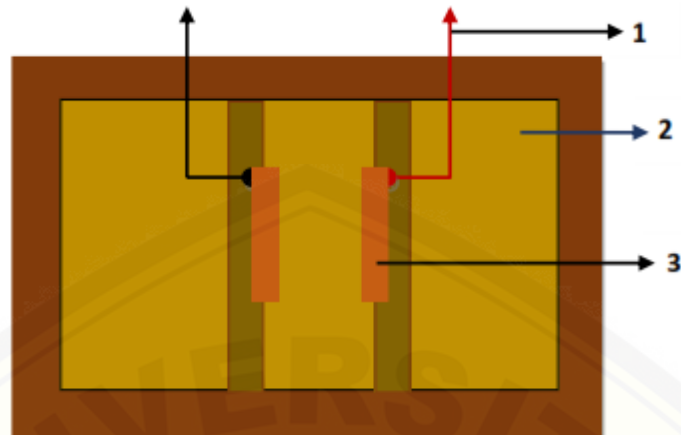
Gambar 3.2 Diagram blok sistem alat ukur Kapasitansi Meter

b. Pembuatan rangkaian

1) Rangkaian sensor kapasitor

Sensor kapasitor dibuat dari 2 buah plat tembaga dari PCB yang disusun sejajar dengan bentuk persegi dan digunakan untuk mengukur sifat listrik objek pengamatan yaitu kapasitansi dan konstanta dielektrik. Luas masing-masing plat tembaga  $6 \times 6 \text{ cm}^2$  dan jarak antar plat menyesuaikan ukuran objek buah tomat yang diteliti. Dari nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan oleh sensor kapasitor ini nantinya dapat diketahui kriteria kematangan tomat, apakah tomat dalam kondisi belum matang, sudah matang, dan sudah busuk. Sensor kapasitor diberikan sumber tegangan sebesar 5 V. Gambar 3.3 di bawah ini menunjukkan skema rangkaian sensor kapasitor.





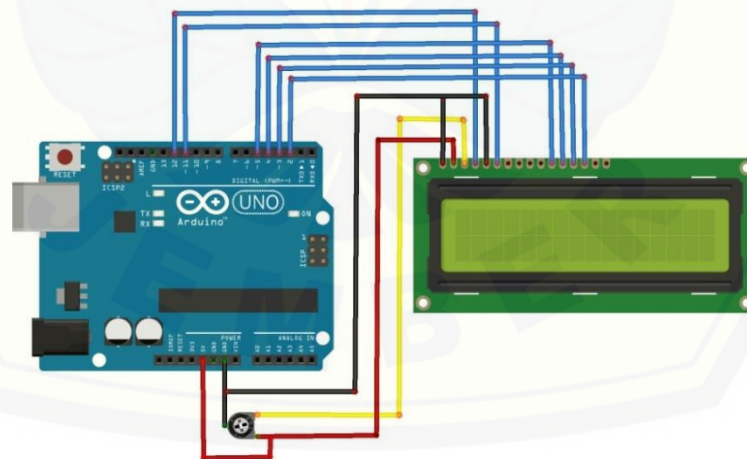
Gambar 3.3 Skema rangkaian sensor kapasitor

Keterangan:

1. Kabel penghubung
2. Meja Kayu
3. Plat tembaga

## 2) Rangkaian LCD

Berikut ini digambarkan skema rangkaian LCD yang digunakan:



Gambar 3.5 Skema rangkaian LCD  
(Sumber: arduino.cc, 2015)

LCD yang digunakan adalah tipe QC1602A berukuran 16 x 2 dengan konsumsi daya yang rendah. Ukuran 16 x 2 berarti LCD memiliki 2 baris display dan dapat

menampilkan 16 karakter pada tiap barisnya, sehingga dapat menampilkan hingga 32 karakter. Akses 16 pin konektor yang tersedia memiliki 8 jalur hubungan data (kaki 7-14), 3 jalur hubungan kontrol, dan 3 jalur catu daya. Pin-pin Arduino yang digunakan adalah pin digital (GND, 12, 11, 5, 4, 3, 2,) dan pin analog (GND dan power 5V). Trimpot digunakan untuk menyesuaikan kontras tampilan layar LCD.

### 3) Rangkaian sistem alat kapasitansi meter

Pada rangkaian ini, Arduino Uno dihubungkan dengan komponen yaitu sensor kapasitor dan LCD (*Liquid Crystal Display*). Pin-pin Arduino Uno yang dihubungkan ke sensor kapasitor adalah pin analog A0 dan pin A2. Kedua pin A0 dan A2 mengeluarkan tegangan sebesar 5 volt. Sumber tegangan masukan Arduino menggunakan Adaptor AC-DC 9V yang dihubungkan dengan *port* tegangan pada Arduino. Sumber tegangan tersebut digunakan untuk tegangan operasi sistem rangkain.

Prinsip kerja program untuk pengukuran kapasitansi yang diterapkan adalah perhitungan waktu pada proses pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor. Waktu yang dihitung adalah waktu yang dibutuhkan untuk tegangan kapasitor mencapai 63,2% dari tegangan kapasitor ketika terisi penuh. Kapasitor dengan ukuran kapasitansi yang lebih besar membutuhkan waktu pengisian yang lebih lama. Waktu yang dibutuhkan kapasitor untuk proses pengisian secara langsung berhubungan dengan kapasitansi, yang dinyatakan dengan persamaan (Circuitbasics, 2015):

$$T_C = R \times C \quad (3.1)$$

Keterangan:

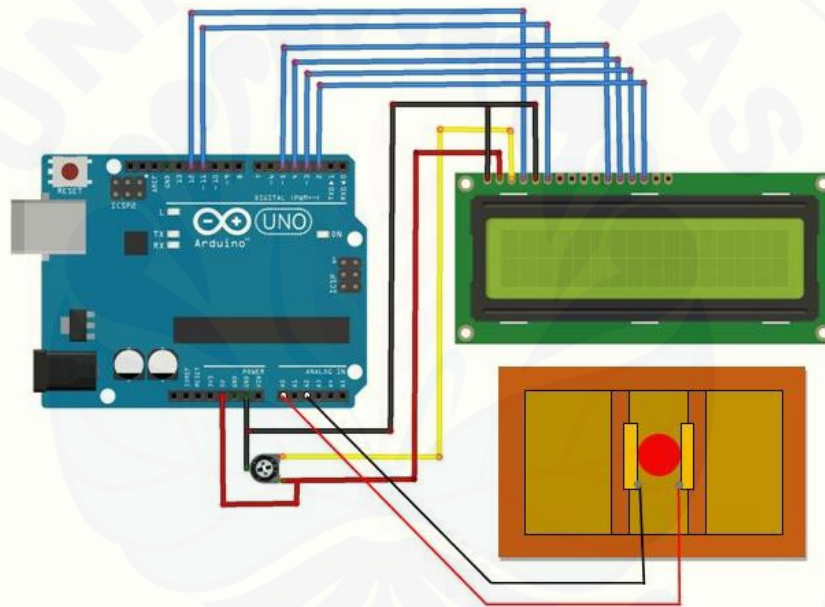
TC = konstanta waktu dari kapasitor (detik)

R = resistansi rangkaian (Ohm)

C = kapasitansi kapasitor (Farad)

Arduino Uno berfungsi sebagai pengolah data dan mengatur kerja sistem alat secara keseluruhan. Oleh karena itu, pin-pin Arduino Uno dihubungkan pada

rangkaian pendukung lain sehingga membentuk sistem alat utuh. Pada Arduino Uno diisi dengan program tertentu menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang merupakan bahasa pemrograman yang mudah untuk dipelajari karena dibuat dari dasar bahasa pemrograman C. Program dibuat pada *software* Arduino IDE 1.6.5. LCD nantinya mampu memberikan hasil data berupa nilai kapasitansi, nilai konstanta dielektrik dari bahan dielektrik, dan karakter kematangan dari objek penelitian. Ketika pemrograman Arduino dihubungkan dengan laptop melalui kabel USB.



Gambar 3.5 Skema Rangkaian sistem kapasitansi meter yang dilengkapi sensor kapasitor

c. Pembuatan program

Program dibuat untuk mendukung sistem rangkaian kapasitansi meter yang telah dibuat supaya dapat bekerja dengan maksimal menggunakan bahasa pemrograman Arduino. Pada program Arduino terdiri atas dua bagian, yaitu **void setup** dan **void loop**. **Void setup** merupakan program yang pertama kali dijalankan dan hanya berjalan satu kali serta program yang harus ada meskipun tidak ada program yang dieksekusi. Pada program ini digunakan untuk melakukan

inisialisasi mode pin yang akan digunakan, baik sebagai *input*, *output* dan komunikasi serial. **Void loop** merupakan program yang dijalankan terus-menerus, sehingga program akan berubah dan merespon sesuai *input* dan *output*.

Program yang telah dibuat nantinya dikompilasi. Maksud dari kompilasi adalah proses mengubah kode program ke dalam kode mesin. Tahap selanjutnya adalah *upload* yang berfungsi untuk mengirimkan kode mesin hasil kompilasi ke *board* Arduino Uno. Koneksi kabel USB digunakan sebagai sumber tegangan bagi Arduino dan sarana komunikasi dengan komputer. Tanda bahwa *board* Arduino Uno menjalankan program adalah LED di kaki 13 yang berlabel L menyala berkedip, yaitu menyala dan padam secara bergantian. Langkah selanjutnya adalah *upload* (menanamkan) program ke *board* arduino uno.

### 3.3.2 Pengujian Alat Kapasitansi Meter Arduino Uno

Pengujian dilakukan pada masing-masing rangkaian pendukung dari sistem alat secara keseluruhan. Tujuan pengujian ini adalah supaya tidak muncul kendala setelah sistem alat selesai terintegrasi. Pengujian yang dilakukan adalah :

#### 1) Pengujian rangkaian sensor kapasitor

Dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah rangkaian sensor ini dapat berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan data kapasitansi bahan sebagai bahan dielektrik. Pengujian dilakukan menggunakan kapasitansi meter CM8601A<sup>+</sup>. Kapasitansi meter ini digunakan sebagai alat untuk mengukur besar kapasitansi yang dihasilkan oleh sensor dan nilai konstanta dielektrik yang didapat dihitung menggunakan persamaan (2.9). Tahap pengambilan data dilakukan dengan dua keadaan, yaitu mengukur kapasitansi sensor dengan bahan dielektrik berupa buah tomat yang diletakkan diantara plat tembaga dan mengukur kapasitansi sensor tanpa bahan dielektrik (udara). Masing-masing pengambilan data dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Besar kapasitansi yang terukur lebih besar dengan adanya bahan dielektrik diantara dua plat sensor kapasitor dari tanpa

bahan dielektrik. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka akan dilakukan perbaikan pada sensor. Pada pengujian sensor kapasitor kondisi jarak masing-masing plat diatur sedemikian rupa sehingga masing-masing plat benar-benar menempel dengan buah uji.

## 2) Pengujian rangkaian LCD

Tujuan pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui apakah LCD dapat berfungsi dengan baik dalam menampilkan informasi dari program yang ditanamkan pada Arduino. Pada tahap pengujian ini *Board* Arduino ditanamkan program sederhana berupa karakter atau tulisan untuk LCD bisa menampilkan informasi yang telah diprogram. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkain Arduino dan LCD dengan komputer melalui koneksi kabel USB.

## 3) Pengujian sistem alat kapasitansi meter Arduino Uno

Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian Arduino Uno, kapasitor, dan LCD dapat bekerja dengan baik dan dapat menjalankan program yang ditanamkan. Untuk melakukan pengujian dibutuhkan kapasitor dengan nilai kapasitansi tertentu dan rangkaian dihubungkan dengan adaptor AC-DC sebagai sumber tegangan untuk sistem operasi rangkaian. Kapasitor dihubungkan pada pin analog A0 dan A2 yang sebelumnya dihubungkan dengan sensor kapasitor. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan pengambilan data nilai kapasitansi dari kapasitor dan akan ditampilkan melalui layar LCD. Dari kelima data tersebut akan dibuat rata-rata nilai kapasitansi. Selain itu, sebagai data pembanding juga dilakukan pengukuran kapasitansi kapasitor menggunakan alat kapasitansi meter CM8601A<sup>+</sup>.

### 3.3.3 Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan sebelum melakukan proses pengambilan data. Kalibrasi terhadap sensor kapasitor dilakukan dengan kondisi sensor kapasitor dengan



dielektrik udara. Nilai konstanta dielektrik yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik udara menurut Serway & Jewett (2004) pada udara yaitu 1,0054. Jika nilai konstanta dielektrik yang diperoleh mendekati dengan nilai konstanta dielektrik udara yang ditunjukkan dengan nilai deskripsi dibawah 5%, maka dilakukan pengukuran untuk keperluan pengambilan data. Pengkalibrasian alat ini menggunakan bahan dielektrik udara akan menghasilkan faktor koreksi, yaitu besar selisih nilai antara hasil pengukuran dalam penelitian dengan nilai menurut teori. Nilai faktor koreksi tersebut digunakan pada setiap nilai dielektrik bahan penelitian buah tomat.

### **3.4 Pengukuran Konstanta Dielektrik Buah Tomat**

Proses pengambilan data dilakukan setelah sistem alat sudah terangkai dengan baik dan dapat berfungsi dengan baik serta sudah dilakukan kalibrasi. Data yang diukur pada tahap ini adalah nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik buah tomat. Buah tomat sebagai bahan dielektirk diletakkan diantara dua plat sensor kapasitor dengan kondisi masing-masing plat tembaga menempel dengan buah tomat.

Buah tomat yang digunakan merupakan hasil uji organoleptik. Uji organoleptik adalah metode penilaian komoditas hasil pertanian dan bahan pangan dengan menggunakan panca indera. Pada penelitian ini tujuan dilakukannya uji organoleptik terhadap tomat adalah untuk menentukan urutan tingkat kematangan tomat berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan terhadap ahli tomat, yaitu beberapa penjual tomat dan beberapa teknisi Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Data yang didapatkan adalah urutan tingkat kematangan tomat, yaitu dalam kondisi matang dan belum matang.

Pada penelitian ini, digunakan 40 sampel buah tomat. 40 sampel tersebut dipilih dengan ukuran yang sama dan volume buah yang sama serta dibedakan tingkat kematangannya berdasarkan hasil uji organoleptik. Untuk mendapatkan



tomat dengan ukuran diameter yang sama digunakan alat jangka sorong dan untuk mendapatkan volume buah yang sama dilakukan dengan cara mencelupkan buah tomat pada gelas ukur yang berisi air dengan volume tertentu, kemudian mengukur volume akhir setelah ditambahkan buah tomat, jadi volume akhir inilah yang dijadikan parameter untuk menentukan volume buah yang sama. Tingkat kematangan yang dimaksud yaitu tomat dalam kondisi belum matang dan matang, dengan masing-masing 20 sampel dan semua sampel diberikan kode sampel. Setelah data hasil uji organoleptik diperoleh, dilakukan pengukuran nilai konstanta dielektrik. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan buah tomat diantara dua sisi plat tembaga sejajar yang berfungsi sebagai sensor kapasitor. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Data hasil penelitian yang diperoleh, selanjutnya dijumlahkan dan dirata-rata supaya mudah dalam interpretasi data. Pengambilan data dilakukan dengan mengikuti kelembapan dan suhu ruang laboratorium. Data nilai dielektrik yang telah didapatkan selanjutnya dijadikan acuan untuk penentuan karakter kematangan tomat.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem alat kapasitansi meter Arduino Uno dengan tambahan rangkaian berupa sensor kapasitor dan media penampil data berupa LCD berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk identifikasi kondisi kematangan buah tomat berdasarkan nilai dielektrik. Penggunaannya cukup mudah, yaitu tomat diletakkan pada sensor kapasitor dengan masing-masing sisi plat menempel pada buah tomat. Kemudian ditampilkan nilai kapasitansi, konstanta dielektrik, dan karakter kematangan tomat tersebut.
2. Nilai dielektrik tomat pada kondisi belum matang berada pada rentang nilai  $(10,796 \pm 0,102)$  sampai  $(13,121 \pm 0,023)$  dan nilai dielektrik tomat pada kondisi matang berada pada rentang nilai  $(20,870 \pm 0,032)$  sampai  $(24,414 \pm 0,023)$ .

### 5.2 Saran

Berikut saran yang dapat membantu guna pengembangan alat ini adalah:

1. Untuk mengetahui akurasi alat bisa dilakukan dengan memvariasi jarak antar plat sensor kapasitor dan menggunakan variasi bahan isolasi pada masing-masing plat konduktor.
2. Kajian lebih lanjut tentang level-level kematangan tomat dapat dilakukan pengujian menggunakan variasi jenis tomat dengan jumlah yang banyak.
3. Untuk rentang nilai dielektrik 13,144 sampai 20,838 atau untuk batas buah tomat belum matang sampai sudah matang masih perlu dilakukan pengkajian untuk penelitian lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- Banzi, Massimo. 2011. *Getting Started with Arduino*. 2<sup>nd</sup> Edition. US..A: O'Reilly Media Inc.
- Beiser, Arthur. 1962. *The Mainstream of Physics*. United State of America : Addison-Wesley Publishing Company.
- Cahyono, Bambang. 1998. *Tomat : Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Yogyakarta : Kanisius.
- Dinata, Y. Marta. 2014. *Arduino itu Mudah*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Giancoli, Douglas.C. 2001. *Fisika, Edisi ke Lima*. Terjemahan oleh Yuhilza Hanum & Irwan Arifin. 2001. Jakarta : Erlangga.
- Giancoli, Douglas.C. 2009. *Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*. Fourth Edition. United State of America : Pearson Education, Inc.
- Halliday & Resnick. 1984. *Fisika, Edisi ke 3 Jilid 2*. Terjemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1984. Jakarta: Erlangga.
- Halliday & Resnick. 2011. *Fundamentals of Physics*. 9<sup>th</sup> edition. United State of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Halvorsen, Hans. P. 2013. *Introduction to Arduino*. Norwegia : Telemark University College.
- Iswanto. 2001. *Belajar Mikrokontroler AT89S51 dengan bahasa C*. Yogyakarta : Andi.
- Nalwan, P.A. 2004. *Pengguna dan Antarmuka Modul LCD M1632*. Jakarta : Elek Media Komputindo.
- Nurcahyo, Sidik. 2012. *Aplikasi dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta : Andi.

- Santoso, Bambang, B. 2005. *Pascapanen Holtikultura*. Mataram : Universitas Mataram.
- Sarwono, Syarief, & Subrata. 1992. *Piranti Ukur Elektronik Untuk Industri Pangan*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Serway & Jewett. 2004. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan oleh Chriswan Sungkono. 2010. Jakarta : Salemba Teknika.
- Sinclair & Dunton. 2007. *Practical Electronics Handbook. Sixth Edition*. Great Britain : Elsevier Ltd.
- Sumoprastowo, R.M. 2000. *Memilih dan Menyimpan Sayur-Mayur, Buah-Buahan, dan Bahan Makanan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Jilid 1. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Tim Penulis PS. 2009. *Budidaya Tomat secara Komersial*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Tipler, Paul. A. 2004. *Physics For Scientists and Engineers. 5<sup>th</sup> Edition*. United State of America : Susan Finnemore Brennan.
- Widodo, S. 2002. *Elektronika Digital dan Mikroprosesor*. Yogyakarta : Penerbit Andi.

### **Jurnal**

- Gulita, Trihandaru & Shanti. 2015. *Identifikasi Sifat Dielektrik Pisang pada Tingkat Kematangan Berbeda dengan Rangkaian RLC*. Jurnal Radiasi Vol. 6 No. 2 April 2015.
- Juansah, Budiastara, Dahlan, & Boroseminar. 2012. *Kajian Kapasitansi Listrik Buah Jeruk Garut dan Sifat Fisiko Kimianya*. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, Vol. 16 No. 1 Maret 2012.
- Juansah & Irmansyah. 2007. *Kajian Sifat Dielektrik Buah Semangka Dengan Pemanfaatan Sinyal Listrik Frekuensi Rendah*. Jurnal Sains MIPA, Desember 2007, Vol. 13, No. 3, Hal.: 159-164, ISSN 1978-1873.

Noor & Hariadi. 2009. *Image Cluster Berdasarkan Warna Untuk Identifikasi Kematangan Buah Tomat Dengan Metode Valley Tracing*. Seminar Nasional Informatika 2009, ISSN: 1979-2328.

Novita, Satriana, Martunis, Rohaya, & Hasmarita. 2012. *Pengaruh Pelapisan Kitosan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tomat Segar (Lycopersicum pyriforme) Pada Berbagai Tingkat Kematangan*. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia, Vol. (4) No. 3, 2012.

Saleh, Noor, Djatna, & Irzaman. 2013. *Seleksi Parameter Dielektrik Penentuan Masa Kadaluarsa Biskuit (Wafer) dengan Pendekatan Regresi Linier, Feature Selection (Relieff) dan Artificial Neural Network*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 23 (2): 164-173 (2013).

### **Skripsi dan Laporan Penelitian**

Fatwanto, Agung. 2013. *Analisis Infrastruktur Robot Line Follower Untuk Mahasiswa Difiable di Lingkungan UIN Sunan Kalijaga*. Laporan Hasil Penelitian Individu. Yogyakarta : Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Komisah, Siti. 2001. *Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Maulida & Zulkarnaen. 2010. *Ekstraksi Antioksidan (Likopen) dari Buah Tomat Dengan Menggunakan Solven Campuran, n-heksana, Aseton, dan Etanol*. Skripsi. Semarang : Universitas Diponegoro.

### **Artikel**

Deswari, Hendrick, & Derisma. 2013. *Identifikasi Kematangan Buah Tomat Menggunakan Metoda Backpropagation*. Padang : Universitas Andalas.

Hanindita, Nisa. 2008. *Analisis Ekspor Tomat Segar Indonesia, Ringakasan Eksekutif*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

### **Internet**

Aliexpress. 2015. *HD44780 Character LCD Display Module LCM Blue Backlight Brand New 1602 16x2*. [serial online] <http://www.aliexpress.com/item-img/HD44780-Character-LCD-Display-Module-LCM-blue-backlight-Brand-New-1602-16x2/32341406555.html> [10 Mei 2015].



- Arduino. 2015. *Arduino Board Uno*. [serial online]  
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#> [10 April 2015].
- Circuitbasics. 2015. *How to Make an Arduino Capacitance Meter*. [serial online]  
<http://www.circuitbasics.com/how-to-make-an-arduino-capacitance-meter/>  
[16 Juni 2015].
- Frandhoni. 2016. *Komponen Elektronika*. [serial online]  
<http://www.frandhoni.blogspot.co.id/2015/05/komponen-elektronika.html>  
[ 08 April 2016].
- Spesialis Obat Herbal. 2015. *Manfaat Tomat Untuk Prostat*. [serial online]  
<http://www.spesialisobatherbal.com/manfaat-tomat-untuk-prostat/> [ 20 Mei 2015].
- Veggiegardener. 2015. *Green Tomatoes Ripen Faster*. [serial online]  
<http://www.veggiegardener.com/green-tomatoes-ripen-faster> [ 20 Mei 2015].