



**APLIKASI KAPASITANSI METER DISERTAI SISTEM DATA *LOGGER*  
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK UJI TINGKAT  
KEMATANGAN BUAH PISANG**

**SKRIPSI**

Oleh

**Hidriyatur Rizza**

**NIM. 150210102044**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**APLIKASI KAPASITANSI METER DISERTAI SISTEM DATA *LOGGER*  
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK UJI TINGKAT  
KEMATANGAN BUAH PISANG**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Hidriyatur Rizza**

**NIM. 150210102044**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibuku tercinta Hanipa, Bapakku Moh. Erfan Amrosi dan Adikku Ainun Fadila, terima kasih atas untaian dzikir, do'a, dan motivasi yang selalu mengiringi langkahku selama menuntut ilmu, dukungan moral, kesabaran, kegigihan, pengorbanan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guruku sejak TK, SD sampai SMA dan dosen-dosenku yang terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Barang siapa bertawakal kepada Allah, maka Allah akan memberikan kecukupan padanya, sesungguhnya Allah lah yang akan melaksanakan urusan (yang dikehendaki)-Nya.”(terjemah potongan surat Ath-Thalaq, ayat 3).<sup>1</sup>*

*“Dan sembahlah Allah dan janganlah kamu mempersekutukan-Nya dengan sesuatu apapun. Dan berbuat baiklah kepada kedua orang tua”(terjemah potongan surat An-Nisa’, ayat 36).<sup>2</sup>*

---

Departemen Agama Republik Indonesia.2000. Al Qur’an dan Terjemahnya. Semarang: CV. Asy Syifa’.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hidriyatur Rizza

NIM : 150210102044

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Aplikasi *Kapasitansi Meter* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang” adalah benar- benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 17 Januari 2019

Yang menyatakan,

Hidriyatur Rizza

NIM 150210102044

**SKRIPSI**

**APLIKASI KAPASITANSI METER DISERTAI SISTEM DATA *LOGGER*  
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK UJI TINGKAT  
KEMATANGAN BUAH PISANG**

Oleh

Hidriyatur Rizza

NIM. 150210102044

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing anggota : Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Aplikasi *Kapasitansi Meter* Disertai Sistem Data *Logger* Berbasis *Arduino Uno* Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes.  
NIP:196201231988022001

Drs. Sri Handono Budi P., M.Si.  
NIP 195803181985031004

Anggota I,

Anggota II,

Drs.Subiki, M.Kes  
NIP.196307251994021001

Drs. Maryani M.Pd  
NIP. 196407071989021002

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19680802 199303 1 004

## RINGKASAN

**“Aplikasi Kapasitansi Meter disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang”**; Hidriyatur Rizza; 150210102044; 2019; 67 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui nilainya dengan besaran lain yang memiliki nilai. Pada umumnya, besaran fisik, mekanis, dan kimia sulit untuk diketahui secara langsung oleh indera manusia. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang elektronika, banyak terciptanya berbagai alat atau instrumen untuk memudahkan manusia.

Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronika yang sering digunakan. Kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut dengan kapasitansi. Kapasitansi dapat diukur menggunakan alat ukur seperti LCR meter dan multimeter, namun kapasitansi memiliki alat ukur khusus yang dinamakan kapasitansi meter. Kapasitansi biasanya dinyatakan dengan satuan farad, mikro farad, nano farad, hingga pico farad.

Nilai kapasitansi suatu bahan sangatlah penting agar kita dapat mengetahui sifat dielektrik pada bahan tersebut. Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Sifat dielektrik bahan dan kadar air bahan tersebut hubungannya yaitu berbanding lurus. Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah buah pisang. Pisang merupakan produk pertanian, produk pertanian pada umumnya bersifat mudah rusak. Kematangan buah merupakan salah satu masalah yang penting untuk diketahui dalam menentukan kualitas produk pertanian. Metode yang dikembangkan yaitu dengan pengukuran sifat dielektrik. Dalam hal ini buah pisang berfungsi sebagai bahan dielektrik dan diletakkan diantara dua plat tembaga yang berperan sebagai sensor kapasitor. Buah pisang yang digunakan adalah buah pisang susu. Peneliti

merancang alat ukur kapasitansi meter yang digunakan untuk mengukur kapasitansi dan konstanta dielektrik buah pisang sebagai indikator kematangan.

Kapasitansi meter yang dibuat pada penelitian ini memanfaatkan sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, Micro SD modul, micro SD dan LCD 2 x 16. Hasil pengolahan data oleh Arduino Uno berupa nilai kapasitansi, yang akan ditampilkan pada layar LCD.

Berdasarkan analisis data setelah yang dilaksanakan, menunjukkan bahwa hasil pengujian sensor kapasitor didapatkan 2 (dua) nilai dari 2 (dua) kondisi sensor yang berbeda, yaitu sensor kapasitor dengan bahan berupa udara dan sensor kapasitor dengan bahan berupa buah pisang. Didapatkan data nilai kapasitansi, dengan rata-rata sebesar 1,0028 pF hasil pengukuran kedua menggunakan bahan buah pisang, didapatkan hasil nilai konstanta dielektrik sebesar  $(257,280 \pm 0,099)$ . Kemudian dilakukan kalibrasi alat yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang kecil dari hasil pengukuran kapasitor menggunakan kapasitansi meter CM8601A<sup>+</sup> dan pengukuran menggunakan kapasitansi meter rancangan peneliti terhadap nilai kapasitansi pada badan kapasitor, berdasarkan kedua hasil pengukuran tersebut, dapat dinyatakan bahwa sistem alat kapasitansi meter Arduino Uno telah berhasil dibuat dan layak digunakan untuk diaplikasikan pada pengukuran nilai kapasitansi pada bahan dielektrik atau objek pengamatan berupa buah pisang.

Setelah melakukan pengukuran nilai kapasitansi dan nilai dielektrik buah pisang susu, kemudian dilakukan pengujian terhadap tingkat kematangan buah pisang susu tersebut. Pengujian tersebut dinamakan uji organoleptik dengan 5 panelis. Nilai konstanta dielektrik buah pisang pada kondisi belum matang berada pada rentang nilai  $(30,518 \pm 0,049)$  sampai  $(155,017 \pm 0,052)$  dan nilai konstanta dielektrik pisang pada kondisi matang berada pada rentang nilai  $(158,081 \pm 0,281)$  sampai  $(974,759 \pm 0,515)$ .

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya, serta puji syukur kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Kapasitansi Meter disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan stratasatu (S1) di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
4. Dr. Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Drs. Subiki, M.Kes., selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Maryani. M.Pd., selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan saran dan masukan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Dr. Supeno, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan nasehat-nasehat selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Bapak Moh. Erfan Amrosi dan Ibu Hanipa sebagai orang tua yang selalu memberikan dorongan dan doa demi terselesaikannya skripsi ini;

8. Azen Ramadan, S.Pd yang selalu ada menemani dan memberikan semangat serta dukungan dari awal hingga penyelesaian skripsi ini;
9. Teman-teman yang tergabung dalam grup DIRRA dan Warga Fisika Asrama Al-Aqobah yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini;
10. Teman-teman fisika angkatan 2015, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Jember, 17 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	6
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Kapasitor</b> .....	7
<b>2.2 Dielektrik</b> .....	13
<b>2.3 Arduino Uno</b> .....	17
<b>2.4 Micro SD Module</b> .....	21
<b>2.5 SD Card</b> .....	22
<b>2.6 LCD (Liquid Crystal Display)</b> .....	23
<b>2.7 Buah Pisang</b> .....	24
<b>2.8 Teori Kapasitansi Meter Berbasis Arduino Uno</b> .....	28
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	30
<b>3.1 Jenis Penelitian</b> .....	30
<b>3.2 Tempat dan Jenis Penelitian</b> .....	30
<b>3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel</b> .....	30
3.3.1 Variabel Penelitian .....	30
3.3.2 Definisi Operasional Variabel .....	30

<b>3.4 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	31
<b>3.5 Desain Alat Penelitian</b> .....	32
3.5.1 Desain Rangkaian Alat.....	32
3.5.2 Desain Blok Perancangan Alat.....	33
3.5.3 Flowchart .....	34
<b>3.6 Alur Penelitian</b> .....	35
<b>3.7 Langkah Penelitian</b> .....	35
<b>3.8 Teknik Penyajian Data</b> .....	39
<b>3.9 Teknik Analisis Data</b> .....	39
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	40
<b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....	40
4.1.1 Hasil Pengujian Sensor Kapasitor .....	40
4.1.2 Hasil Pengujian Rangkaian LCD .....	41
4.1.3 Hasil Pengujian Kapasitansi Meter disertai Sistem Data Logger Berbasis Arduino Uno .....	42
4.1.4 Hasil Pengukuran Nilai Kapasitansi Buah Pisang Susu ..	46
4.1.5 Hasil Uji Organoleptik Buah Pisang Susu .....	48
4.1.6 Nilai Kapasitansi dan Nilai Dielektrik pada Kematangan Buah Pisang Susu .....	53
<b>4.2 Pembahasan</b> .....	54
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	60
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	60
<b>5.2 Saran</b> .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	62
<b>LAMPIRAN</b> .....	67

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1	Skema Kapasitor Plat Sejajar ..... 7
2.2	Kapasitor diberi Tegangan Listrik ..... 8
2.3	Medan Listrik antara Dua ..... 9
2.4	Pengisian dan Pengosongan Muatan Kapasitor ..... 12
2.5	Perubahan Tegangan Kapasitor terhadap Waktu ..... 13
2.6	Momen Dipol Listrik Dielektrik ..... 14
2.7	Potensial Listrik diantara Plat Kapasitor..... 15
2.8	Medan Listrik antara Dua Plat Kapasitor..... 16
2.9	Tampilan Software IDE Arduino..... 19
2.10	Arduino Uno ..... 20
2.11	SD Module..... 21
2.12	SD Card ..... 22
2.13	Tampilan LCD ..... 23
3.1	LCR Meter Pabrik..... 31
3.2	Skema Rangkaian Sensor Kapasitor ..... 32
3.3	Skema Rangkaian Sistem Kapasitansi Meter dilengkapi Sensor Kapasitor dan Data Logger ..... 33
3.4	Diagram Blok Perancangan Alat ..... 33
3.5	Flowchart ..... 34
3.6	Skema Alur Penelitian ..... 35
4.1	Hasil Uji Sensor Kapasitor (a). Bahan dielektrik udara (b). Bahan dielektrik buah pisang ..... 41
4.2	Hasil Pengujian Rangkaian LCD (a). Tampilan pertama (b). Tampilan kedua..... 42
4.3	Hasil Pengujian Kapasitansi Meter (a). Menggunakan kapasitansi meter CM8601A <sup>+</sup> (b). Menggunakan rangkaian kapasitansi meter berbasis Arduino Uno ..... 43
4.4	Pengukuran nilai kapasitansi buah pisang menggunakan sistem alat kapasitansi meter berbasis Arduino Uno yang dilengkapi sensor kapasitor..... 47
4.5	Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari pertama.....49

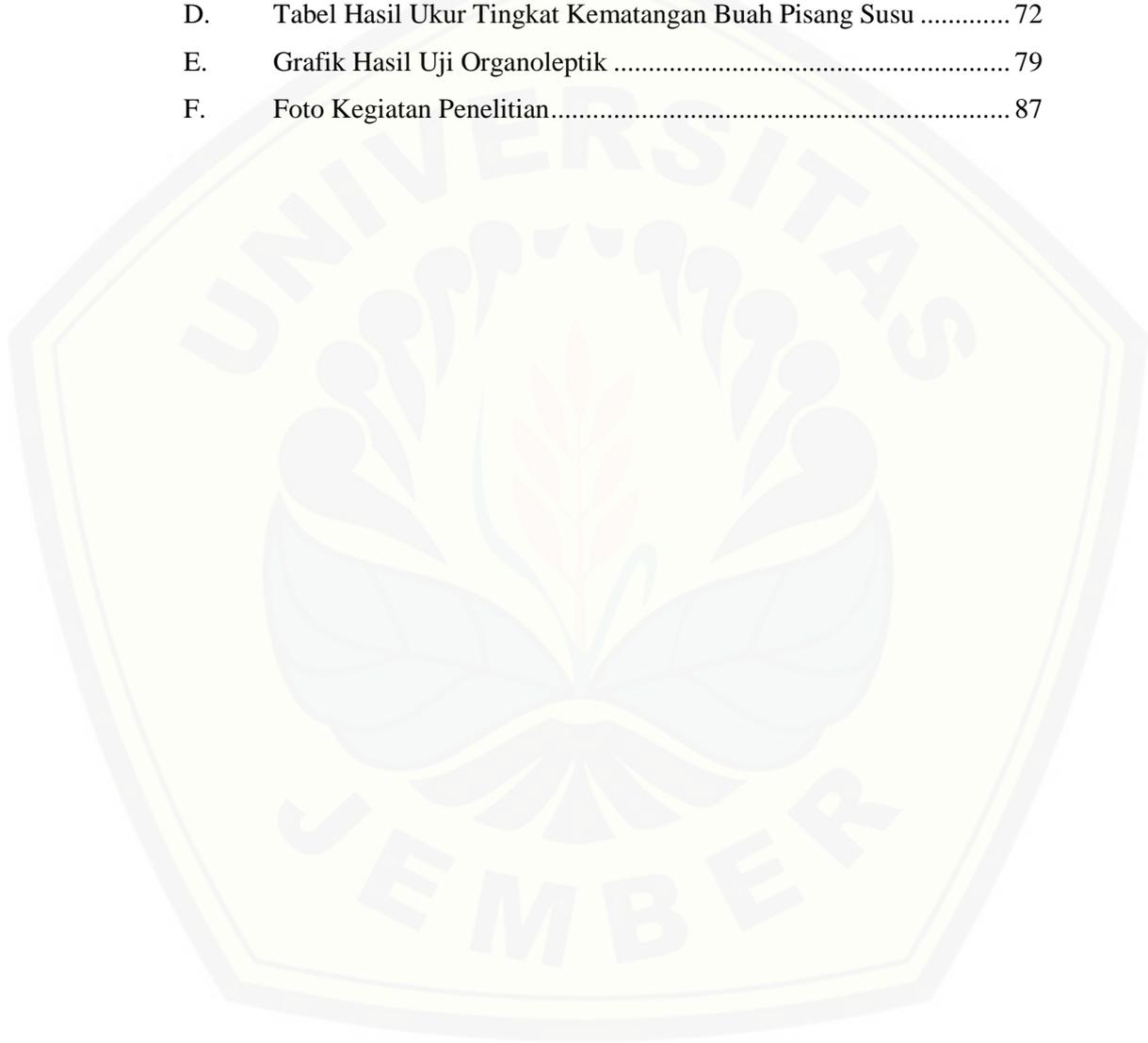
4.6	Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari pertama .....	49
4.7	Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari pertama ..	49
4.8	Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari ke-tiga .....	50
4.9	Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari ke-tiga .....	50
4.10	Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari ke-tiga ....	51
4.11	Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari ke-lima .....	52
4.12	Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari ke-lima .....	52
4.13	Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari ke-lima ...	53
4.14	Nilai dielektrik pada buah pisang susu kondisi matang dan belum matang.....	54

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Nilai konstanta dielektrik dan kekuatan dielektrik .....	17
2.2 Spesifikasi Arduino Uno.....	19
2.3 Jenis varietas pisang raja.....	25
3.1 Tabel penyajian data hasil ukur kalibrasi kapasitansi meter rancangan.....	39
3.2 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat kematangan buah pisang susu.....	39
4.1 Hasil pengujian rangkaian kapasitansi meter berbasis Arduino Uno.....	42
4.2 Hasil analisis data kalibrasi menggunakan SPSS .....	45
4.3 Hasil pengukuran nilai kapasitansi buah pisang .....	47

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Matriks Penelitian .....	67
B. Coding Bahasa Pemograman .....	68
C. Hasil Pengujian Sistem Alat Kapasitansi Meter Disertai Sistem Data Logger Berbasis Aduino Uno .....	70
D. Tabel Hasil Ukur Tingkat Kematangan Buah Pisang Susu .....	72
E. Grafik Hasil Uji Organoleptik .....	79
F. Foto Kegiatan Penelitian.....	87



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui nilainya dengan besaran lain yang memiliki nilai. Kegiatan pengukuran bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik, kimia, maupun biologis dari suatu benda atau keadaan tertentu. Pada umumnya, besaran fisik, mekanis, dan kimia sulit untuk diketahui secara langsung oleh indera manusia. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat atau instrumen untuk mentransformasikan besaran-besaran tersebut agar dapat ditanggapi dengan mudah oleh indera manusia (Sarwono dkk, 1992). Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang elektronika, banyak terciptanya berbagai alat atau instrumen untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitasnya. Setiap komponen elektronika memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda.

Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronika yang sering digunakan. Seperti halnya komponen elektronika lainnya, kapasitor juga mempunyai besaran atau nilai tertentu yang menunjukkan ukuran atau kemampuan dari kapasitor tersebut (Samosir, 2016). Fungsi kapasitor pada rangkaian elektronika diantaranya yaitu 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). Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tetapi pada dasarnya sama saja tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik. Kedua keping konduktor pada kapasitor diberi muatan sama, tetapi berlawanan jenis. Keping yang satu diberi muatan positif dan keping yang lain diberi muatan negatif. Namun secara keseluruhan kapasitor bermuatan netral. Kapasitor dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kapasitor dengan kapasitansi tetap dan kapasitor dengan kapasitansi yang dapat diubah-ubah. Perbedaan kapasitor tersebut berdasarkan kemampuan menyimpan muatan dari kapasitor itu sendiri. Kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut dengan kapasitansi. Kapasitansi dapat diukur

menggunakan alat ukur seperti LCR meter dan multimeter, namun kapasitansi memiliki alat ukur khusus yang dinamakan kapasitansi meter. Kapasitansi biasanya dinyatakan dengan satuan farad, mikro farad, nano farad, hingga pico farad. Penamaan satuan tersebut diambil dari nama belakang seorang ilmuwan yang sudah berkontribusi dalam konsep kapasitansi yakni Michael Faraday. Untuk seorang perancang elektronika, adanya kapasitansi meter sangat dibutuhkan karena sangat membantu dalam perancangan dan pembuatan suatu rangkaian elektronika yang membutuhkan keakuratan nilai kapasitansi (Samosir, 2016). Kapasitansi bergantung pada luas permukaan keping, jarak antara kedua keping, dan dielektrik yang digunakan. Kapasitansi memiliki hubungan berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua keping. Jadi dapat dikatakan bahwa nilai kapasitansi akan besar jika luas permukaan keping besar dan kapasitansi akan memiliki nilai yang kecil bila jarak antara kedua keping besar (Cahyono dkk., 2017).

Nilai kapasitansi suatu bahan sangatlah penting agar kita dapat mengetahui sifat dielektrik pada bahan tersebut. Kapasitansi sebuah kapasitor bergantung pada faktor geometri dan sifat bahan dielektrik (Serwey & Jewett, 2010). Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Sifat dielektrik bahan dan kadar air bahan tersebut hubungannya yaitu berbanding lurus. Kadar air bahan yang tinggi, nilai dielektriknya juga tinggi (Guo dkk., Nelson dan trabelsi dalam Saleh dkk., 2013). Bahan dielektrik tidak seperti konduktor yang memiliki elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak diseluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik merupakan isolator yang baik. Beberapa contoh bahan dielektrik yaitu kertas, mika, dan keramik. Efisiensi relatif suatu bahan sebagai bahan dielektrik ditunjukkan oleh konstanta dielektrik ( $K$ ) dan permetivitas bahan.

Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah buah pisang. Pisang (*Musa paradisiaca L.*) merupakan salah satu tumbuhan berbuah yang

mudah tumbuh didaerah tropis, sehingga mudah dijumpai di Indonesia. Pisang banyak sekali jenisnya serta merupakan jenis buah yang cukup banyak dikonsumsi oleh masyarakat untuk semua umur dan status sosial karena harganya yang relatif terjangkau dan mudah didapat. Pada kurun waktu lima tahun 2011-2015 presentase konsumsi pisang tumbuh lebih baik 1,32% pertahun dibandingkan periode sebelumnya 2002-2010 yang hanya sebesar 0,04% pertahun. Konsumsi pisang paling tinggi terjadi pada tahun 2011 sebesar 2,13 juta ton atau naik 30,87% dari tahun 2010 (Kementrian Pertanian, 2016).

Pisang merupakan produk pertanian, produk pertanian pada umumnya bersifat mudah rusak. Rusak tidaknya suatu produk dapat mempengaruhi kualitas yaitu tingkat keunggulan produk tersebut. Kematangan buah merupakan salah satu masalah yang penting untuk diketahui dalam menentukan kualitas produk pertanian (Gulita dkk, 2015). Umumnya, warna kulit yang dijadikan sebagai suatu indikator untuk menentukan kematangan buah pisang karena klorofil dalam kulit berkurang saat pisang mulai masak (Hidayat,2015). Kelembutan tekstur buah pisang juga dapat dijadikan indikator yang bagus untuk menentukan kualitas buah pisang serta digunakan untuk mengukur kemasakan buah. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur tekstur buah pisang yaitu penetrometer (Ragni,2006), namun metode tersebut dapat merusak produk buah pisang. Seiring berjalannya waktu, saat ini terdapat salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kematangan produk pertanian. Metode yang dikembangkan yaitu dengan pengukuran sifat dielektrik. Setiap bahan memiliki karakteristik dielektrik tertentu yang berbeda, sehingga sifat ini dapat digunakan untuk identifikasi kematangan buah (Gulita dkk., 2015). Dalam hal ini buah pisang berfungsi sebagai bahan dielektrik dan diletakkan diantara dua plat tembaga yang berperan sebagai sensor kapasitor. Buah pisang yang digunakan adalah buah pisang susu. Pisang susu dipilih karena memiliki konstanta dielektik yang hampir sama antara pisang mentah dan matang (Gulita dkk., 2015). Meskipun warna kulit pisang tersebut berwarna kuning pisang susu memiliki rasa agak masam (Gulita dkk.,2015). Dari pemaparan yang dilakukan oleh Gulita maka dapat disimpulkan bahwa warna kulit pisang tidak dapat dijadikan indikator kematangan buah.

Penelitian mengenai kematangan buah pisang sebelumnya telah dilakukan oleh Gulita dkk. (2015) dengan judul indentifikasi sifat dielektrik pisang pada tingkat kematangan berbeda dengan rangkaian RLC. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin matang buah pisang, maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik akan semakin besar. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rangkaian dari plat konduktor tembaga, power supply, osiloskop, dan resistor. Mengetahui alat ukur yang digunakan, terlihat bahwa alat tersebut tidaklah efisien karena dapat memakan tempat. Hasil pengukuran juga masih dicatat secara manual. Penelitian ini juga telah dilakukan oleh Haerul Hidayat (2015) dengan judul estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitor. Alat ukur yang digunakan juga hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Gulita dkk. (2015). Namun pada penelitian Haerul Hidayat (2015) juga menggunakan color rider. Penggunaan color rider dalam penelitian tersebut memiliki kelemahan yaitu pengambilan data warna kurang sempurna dengan kondisi ruang dan pencahayaan yang kurang baik.

Berdasarkan kelemahan pada penelitian sebelumnya, muncul suatu inspirasi untuk membuat suatu alat ukur kapasitansi meter berbasis Arduino Uno. Penelitian tentang alat kapasitansi meter berbasis mikrokontroler telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu dilakukan oleh Hamid (2016) dengan judul Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kapasitansi, kemudian digunakan untuk menilai kematangan buah tomat. Alat ukur yang digunakan sangatlah efisien dan tidak memakan tempat, tetapi dalam penelitian Hamid masih terdapat kelemahan yaitu pembacaan data secara manual menggunakan LCD dan dilakukan pencatatan secara manual. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari (2017) dengan judul Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Arduino Uno. Namun, dalam penelitian-penelitian tersebut pencatatan data masih secara manual dan belum ada yang meneliti nilai kapasitansi buah pisang untuk mengetahui tingkat kematangan menggunakan kapasitansi meter berbasis arduino uno. Oleh karena itu peneliti

merancang alat ukur kapasitansi meter yang digunakan untuk mengukur kapasitansi dan konstanta dielektrik buah pisang sebagai indikator kematangan.

Kapasitansi meter yang dibuat pada penelitian ini memanfaatkan sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, Micro SD modul, micro SD dan LCD 2 x 16. Arduino Uno digunakan sebagai unit pengelola data dan mengatur kerja sistem alat secara keseluruhan. Kelebihan Arduino Uno dengan modul mikrokontroler lain yaitu 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 (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 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, yang akan ditampilkan pada layar LCD.

Berdasarkan fakta dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik melakukan penelitian tentang uji kematangan buah pisang menggunakan kapasitansi meter berbasis Arduino Uno. Sehingga Penelitian ini diberi judul "**Aplikasi Kapasitansi Meter Disertai Sistem Data Logger Berbasis Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang**".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana prototype alat ukur kapasitansi meter disertai data *logger* berbasis arduino uno?
- b. Bagaimana nilai kapasitansi berdasarkan bahan dielektrik buah pisang kondisi belum matang dan kondisi matang yang diukur menggunakan kapasitansi meter disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan pada penelitian ini adalah:

- a. Merancang alat ukur kapasitansi meter disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno.
- b. Menentukan nilai kapasitansi berdasarkan bahan dielektrik buah pisang kondisi belum matang dan kondisi matang yang diukur menggunakan kapasitansi meter disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno.

### 1.4 Manfaat Penelitian

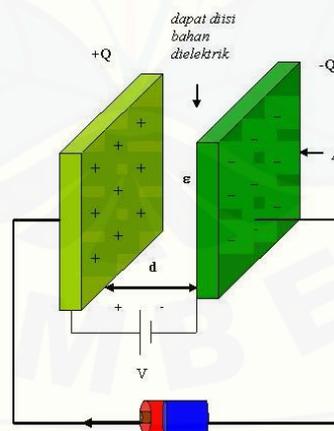
Manfaat yang dapat diperoleh dalam Penelitian ini antara lain :

- a. Mengetahui kriteria kematangan buah pisang berdasarkan nilai kapasitansi
- b. Memberikan informasi tambahan tentang sifat listrik pada buah pisang yang dilihat dari nilai kapasitansi yang dapat digunakan untuk penelitian lanjut
- c. Memberikan sumbangsih sebuah alat yang memepermudah dalam melakukan pengukuran kapasitansi buah untuk sortasi buah yang tidak layak dipasarkan.
- d. Sebagai masukan dan referensi dalam rangka melakukan penelitian sejenis.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapasitor

Pada tahun 1791-1867 kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday. Kapasitor adalah komponen elektronika yang terdiri dua plat konduktor yang tidak saling bersentuhan dan dipisahkan oleh bahan isolator atau biasa disebut dengan bahan dielektrik (Siclair & Dunton, 2007). Suatu kapasitor secara umum dapat disusun dari dua buah plat yang geometrinya diabaikan (Haliday & Resnick, 1997). Biasanya kedua plat konduktor diletakkan saling sejajar maupun digulung menjadi bentuk silinder dan terisolasi satu sama lain. Kapasitor dapat menyimpan energi dalam medan listrik diantara dua plat konduktor. Kapasitor juga banyak digunakan dalam komponen elektronika (Giancoli, 2009). Penggunaan kapasitor pada komponen elektronika misalnya 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). Kapasitor plat konduktor sejajar dapat digambarkan sebagai berikut :

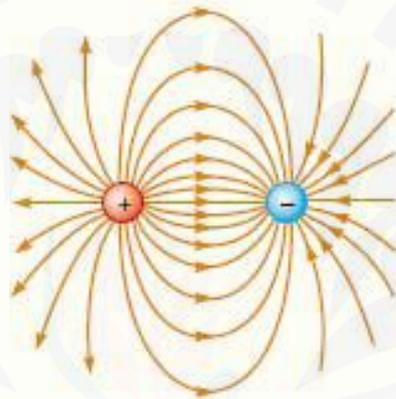


Gambar 2.1 Skema kapasitor plat sejajar(Sumber : Serway & Jewett, 2004)

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 platkonduktor 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).

Gambaran garis gaya pada dua plat konduktor yang membawa muatan sama besar dan berlawanan tanda dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Ketika kapasitor diberi tegangan listrik, garis gaya dua buah plat yang memiliki muatan sama besar dan berlawanan tanda (Sumber : Serway & Jewett, 2004)

Plat pada gambar 2.2 merupakan sebuah konduktor, maka setiap titik pada plat tersebut memiliki potensial listrik yang sama. Selain itu, terdapat beda potensial diantara keduanya. Muatan ( $q$ ) dan beda potensial ( $V$ ) untuk kapasitor nilainya sebanding, sehingga dinyatakan dengan persamaan berikut :

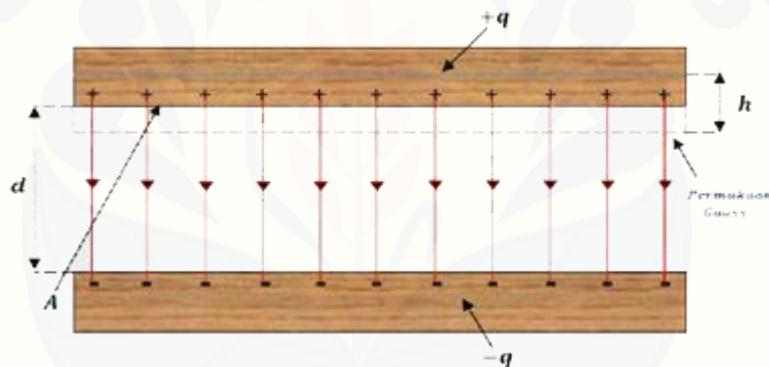
$$q = C_0 \cdot V \quad (2.1)$$

Dimana,  $q$  adalah jumlah muatan dalam satuan coloumb,  $C_0$  merupakan kapasitansi suatu kapasitor dalam satuan farad, dan  $V$  adalah beda potensial dalam satuan volt. Dari persamaan 2.1 dapat dinyatakan bahwa jumlah muatanberbanding lurus dengan beda potensial diantara kedua plat konduktor (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 akan menimbulkan medan listrik  $E$  diantara plat-platnya. Medan listrik  $E$  diantara dua plat tersebut terdistribusi seragam. Hal ini diakibatkan jarak pisah dua plat konduktor yang lebih kecil dari luas masing-masing plat. Ketika jarak antara dua plat konduktor lebih kecil dari luas masing-masing plat dan muatan yang diberikan juga besar maka, kuat medan listrik yang ditimbulkan besar pula. Akibat dari medan listrik yang terdistribusi seragam yaitu garis-garis gaya akan sejajar dan berjarak sama terhadap satu dengan lainnya (Halliday & Resnick, 1984). Diperoleh rumusan sebagai berikut :

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad (2.2)$$

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



Gambar 2.3 Medan listrik antara dua plat kapasitor sejajar  
(Sumber :Halliday dan Resnick, 1997)

Gambar 2.3 diatas merupakan gambaran sebuah kapasitor plat sejajar. Kapasitor plat sejajar terdiri dari dua keping logam yang terpasang sejajar pada jarak pisah sejauh  $d$ , yang jauh lebih kecil dari luas plat  $A$  atau bisa dikatakan bahwa kapasitor plat sejajar yaitu kapasitor yang tersdiri dari dua plat konduktor ditempatkan berdekatan namun tidak bersentuhan (Cahyono dkk., 2017). Kapasitor ini biasanya hanya dapat dipisahkan oleh adanya udara atau bahan pemisah lainnya (Beiser, 1962). Ketika setiap plat dihubungkan dengan sebuah tegangan, maka muatan  $+q$  dengan sendirinya akan muncul pada salah satu plat dan  $-q$  pada plat lainnya. Apabila nilai  $d$  lebih kecil dibandingkan dengan dimensi

plat, maka medan listrik  $E$  diantara kedua plat tersebut akan seragam. Hal ini berarti bahwa garis-garis gaya akan sejajar dan berjarak sama satu dengan yang lainnya. Hukum-hukum keelektromagnetan mengharuskan adanya sejumlah lapisan pada sisi pinggiran plat, akan tetapi untuk  $d$  yang sangat kecil maka dapat diabaikan (Halliday dan Resnick, 1997).

Pada gambar diatas memperlihatkan bahwa permukaan Gauss hanya berada pada muatan  $q$  plat yang bermuatan positif, sehingga didapatkan suatu hubungan medan listrik  $E$  diantara dua plat sejajar dengan menggunakan Hukum Gauss sebagai berikut :

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q \quad (2.3)$$

dengan  $q$  adalah muatan yang dilingkupi oleh permukaan Gauss dan  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$  merupakan sebuah jaring-jaring fluks listrik yang melewati permukaan plat. Sehingga, persamaan (2.3) dapat disederhanakan menjadi :

$$q = \epsilon_0 E A \quad (2.4)$$

dengan  $A$  merupakan luar permukaan Gauss yang dilewati fluks listrik. Selain itu, beda potensial diantara kedua plat yang berhubungan dengan  $\vec{E}$  dapat dinyatakan dalam :

$$V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.5)$$

Integral digunakan untuk mengevaluasi beda potensial listrik sepanjang lintasan yang dimulai dari plat satu dan berakhir pada plat lainnya. Dalam keadaan plat sejajar yang ditunjukkan oleh gambar 2.3, dandengan mengasumsikan sebuah lintasan bermula dari plat negatif menuju plat positif. Untuk lintasan tersebut, vektor  $\vec{E}$  dan  $d\vec{s}$  memiliki arah yang berlawanan, sehingga operasi dari  $\vec{E} \cdot d\vec{s}$  akan sebanding dengan  $-Eds$ . Sehingga persamaan (2.5) dapat direduksi menjadi :

$$V = \int_-^+ E ds \quad (2.6)$$

Integral pada persamaan (2.6) akan berubah bentuknya ketika kondisi yang terjadi adalah adanya sebuah kapasitor plat sejajar dengan jarak antar plat  $d$  maka dihasilkan persamaan :

$$V = \int_0^d E ds = E \int_0^d ds = Ed \quad (2.7)$$

$E$  dapat dikeluarkan karena merupakan sebuah konstanta. Jadi, ketika persamaan (2.4) dan (2.7) didistribusikan ke relasi  $Q = C \cdot V$  maka dihasilkan persamaan untuk kapasitansi plat sejajar,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$C$  = kapasitansi (F)

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

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

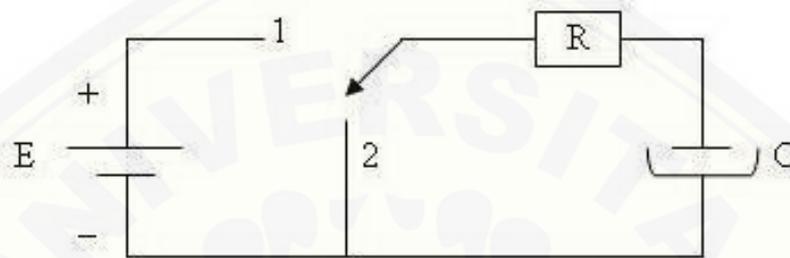
$d$  = jarak pisah antara plat kapasitor (m)

Kapasitansi merupakan nilai yang ditentukan oleh ukuran, bentuk dan jarak relatif antara dua plat konduktor, dan material pemisah dua plat tersebut (Giancoli,2009). Bentuk-bentuk geometris dari suatu konduktor antara lain kapasitor plat sejajar, kapasitor bola, kapasitor silinder (Griffiths,1999). Kapasitansi adalah ukuran kapasitas suatu kapasitor untuk menyimpan muatan terhadap beda potensial yang diberikan. Satuan kapasitansi adalah Coulomb per volt dalam satuan SI dinamakan farad (F). Nama farad diberikan untuk menghormati Michael Faraday yang berkontribusi mengembangkan konsep kapasitansi. Farad merupakan satuan kapasitansi yang sangat besar. Umumnya kapasitor memiliki besar kapasitansi mulai dari  $1\mu\text{F}$  (microfarad =  $10^{-6}$ ) sampai  $1\text{pF}$  (pikofarad =  $10^{-12}$  F) (Tipler,2004).

Persamaan diatas berlaku untuk sebuah kapasitor plat sejajar yang berada didalam 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). Persamaan (2.8) tersebut akan mengalami perubahan ketika diantara kedua buah plat konduktor diberi suatu

bahan dielektrik. Hal ini menyebabkan adanya perubahan persamaan kapasitansi yang akan memiliki faktor  $k$  atau disebut juga dengan konstanta dielektrik.

Menurut Sutrisno (1986) ada dua hal yang 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 :<http://elektronika-dasar.web.id/karakteristik-kapasitor/>)

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 :

$$q(t) = \int_0^t i dt \quad (2.9)$$

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

$$V_C(t) = \varepsilon (1 - e^{-t/RC}) \quad (2.10)$$

Keterangan :

$V_C$  = tegangan kapasitor (V)

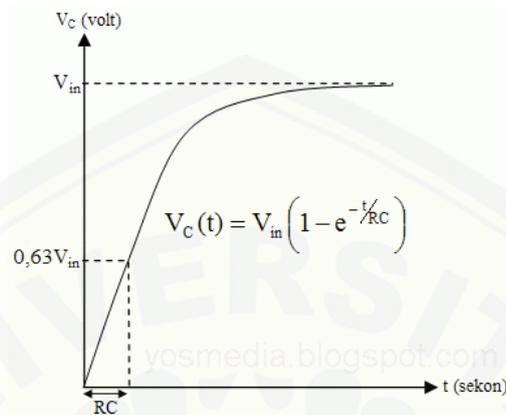
$\varepsilon$  = sumber tegangan (V)

$t$  = 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 kapaitor.



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

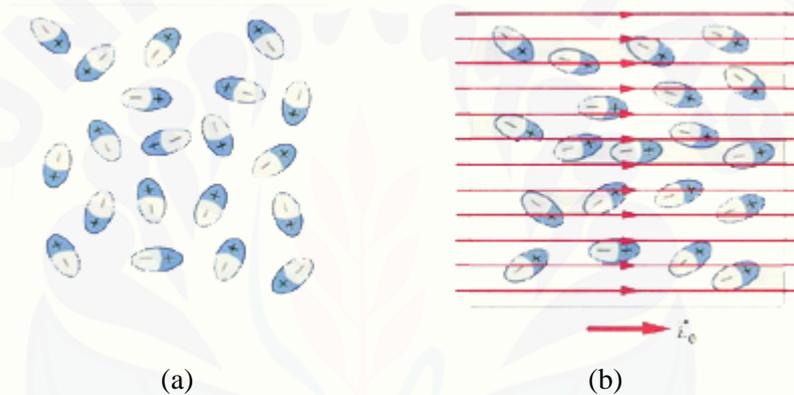
Waktu pengisian akan semakin lama jika nilai resistansi dan kapasitansi kapasitor semakin besar. Jika saklar S pada gambar dihubungkan ke posisi 2, arus akan mengalir yang arahnya berlawanan pada proses pengisian. Dalam hal ini kapasitor akan mengeluarkan energi listrik yang disimpan. Inilah yang dinamakan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

$$V_C(t) = \varepsilon e^{-t/RC} \quad (2.11)$$

## 2.2 Dielektrik

Dielektrik merupakan bahan isolator yaitu bahan yang sukar dilewati oleh 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 manjajarkan 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 & Jewwet, 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 (Sumber : 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 . Bahan dielektrik dapat meningkatkan kapasitansi dengan faktor konstanta  $k$  . Konstanta  $k$  tersebut dinamakan konstanta dielektrik dari suatu bahan dielektrik (Giancoli,2001). Konstanta dielektrik merupakan nilai efektifitas dari suatu substansi partikel dalam medan listrik yang mengenai suatu bahan (Beiser,1962). Konstanta dielektrik besarnya tergantung pada sistem yang digunakan serta bahan yang digunakan. Sistem yang digunakan

adalah nilai kapasitor yang dibentuk dari dua buah plat sejajar yang dipisahkan oleh ruang hampa dengan nilai kapasitor yang terbentuk dari dua buah plat sejajar yang dipisahkan oleh bahan dielektrik (Kamajaya, 1984). Menurut Halliday dan Resnick (1997), konstanta dielektrik  $k$  yaitu perbandingan antara kapasitansi dengan bahan dielektrik dan kapasitansi tanpa bahan dielektrik. Dalam pain (2005), disebutkan bahwa konstanta dielektrik  $k$  atau disebut juga sebagai permetifitas relatif  $\epsilon_r$  memiliki hubungan sebagai berikut :

$$k = \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.12)$$

dengan  $\epsilon$  merupakan permetivitas absolut,  $\epsilon_0$  adalah permetivitas vakum,  $\epsilon_r$  permetivitas relatif. Faktor  $k$  tersebut menyebabkan perubahan persamaan untuk kapasitansi. Dalam Beiser (1962) di tuliskan sebuah persamaan kapasitansi ketika terdapat bahan dielektrik yang diletakkan diantara kedua plat sejajar, sebagai berikut :

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.13)$$

Keterangan :

$C$  : Kapasitansi dengan bahan dielektrik (F)

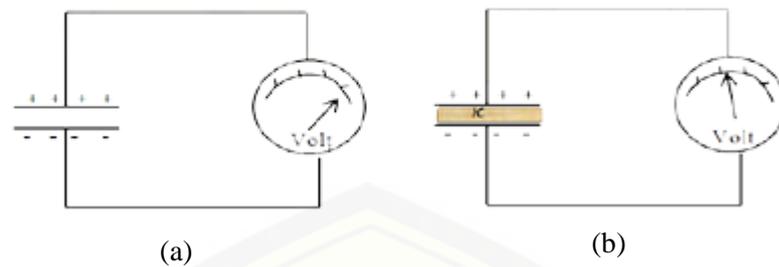
$k$  : Konstanta dielektrik

$\epsilon_0$  : Konstantan elektrostatis pada hukum Coulomb  $8,85 \times 10^{-12}$  F/m

$A$  : Luas plat ( $m^2$ )

$d$  : Jarak antar plat (m)

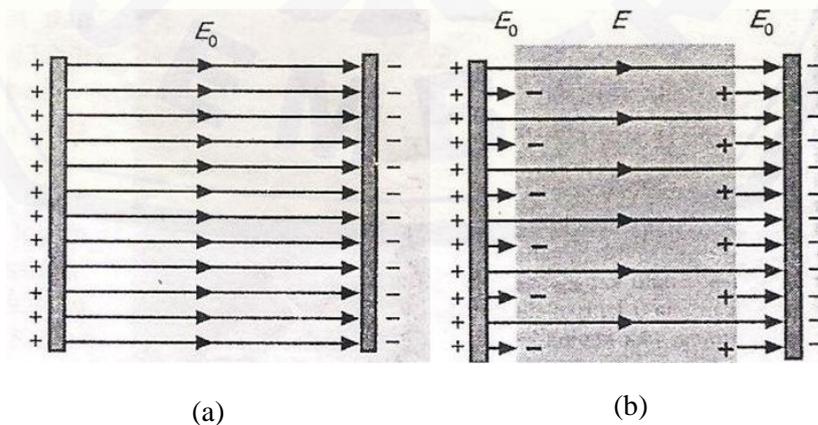
Adanya penambahan suatu bahan dielektrik menyebabkan adanya perubahan nilai kapasitansi bahan yang bergantung dengan nilai konstanta dielektrik  $k$  yang nilainya berbeda untuk suatu bahan tertentu. Bahan dielektrik yang diletakkan diantara kedua plat kapasitor menyebabkan menurunnya beda potensial, sebagaimana terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Potensial listrik diantara palat akapasitor ketika (a) tidak disisipi suatu bahan dielektrik dan (b) disisipi suatu bahan dielektrik (Sumber : Halliday ,et al., 1916)

Dari gambar diatas terlihat bahwa perbedaan potensial listrik antara plat – plat kapasitor dengan bahan dielektrik lebih kecil daripada perbedaan potensial listrik diantara kedua plat kapasitor tanpa bahan dielektrik. Penurunan nilai potensial listrik menyebabkan adanya peningkatan nilai kapasitansi kapasitor, sesuai dengan persamaan kapasitansi  $C_0 = q / V$ .

Medan listrik yang muncul diantara dua plat kapasitor akan menurun ketika bahan dielektrik disisipkan diantara kedua plat tersebut. Medan listrik ini akan 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). Proses yang terjadi akibat adanya muatan induksi tersebut digambarkan sebagai berikut :



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

Pada proses tersebut nilai konstanta dielektrik  $k$  dari bahan berpengaruh terhadap nilai kapasitansi dari kapasitor, sehingga medan didalam dielektrik serta potensial dari plat kapasitor akan direduksi oleh faktor  $1/k$ , sehingga kapasitansinya akan bertambah dengan faktor  $k$  menjadi :

$$C = k C_0 \quad (2.14)$$

dengan,  $C_0$  merupakan kapasitansi kapasitor tanpa bahan dielektrik dan  $C$  merupakan kapasitansi kapasitor dengan bahan dielektrik. Dalam Halliday dan Resnick (1984) disebutkan beberapa nilai konstanta dielektrik untuk beberapa bahan dielektrik yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Nilai konstanta dielektrik dan kekuatan dielektrik

Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielekterik (kV/mm)
Vakum	1,00000	$\infty$
Udara	1,00054	0,8
Air	78	-
Kertas	3,5	14
Mika merah delima (Ruby mika)	5,4	160
Porselen	6,5	4
Kwarsa yang dilebur	3,8	8
Gelas Pirex	4,5	13
Bakelit	4,8	12
Polietilen	2,3	50
Amber	2,7	90
Teflon	2,1	60
Neopren	6,9	12
Minyak transformator	4,5	12
Titanium dioksida (TiO <sub>2</sub> )	100	6
Polistiren	2,6	25

(Halliday dan Resnick, 1984)

### 2.3 Arduino Uno

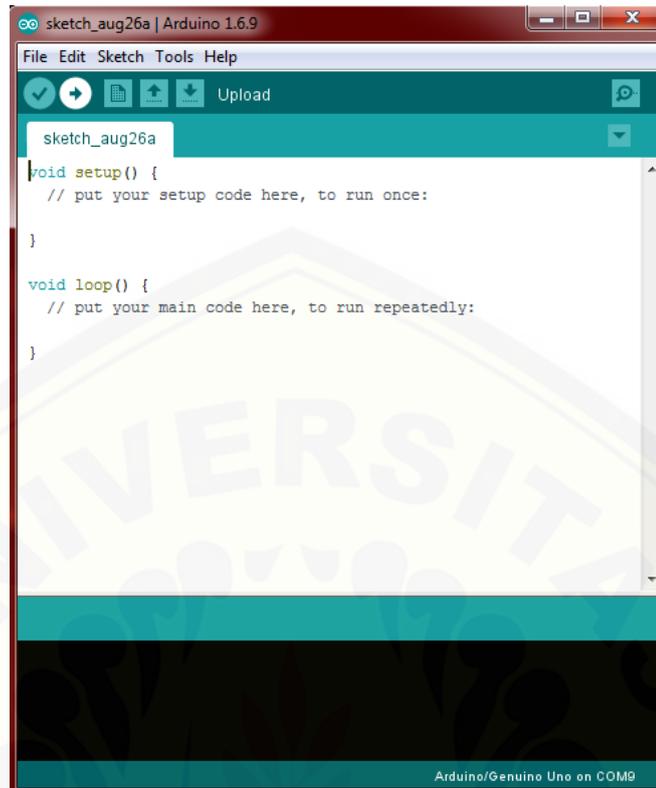
Arduino adalah sebuah platform elektronik yang sifatnya *open source*, Berdasarkan pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, serta ditujukan untuk para seniman, desainer, dan setiap orang yang tertarik untuk

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). Arduino merupakan platform komputasi fisik (*Physical Computing*) yang open source pada board input sederhana (Banzi, 2011). Definisi platform komputasi fisik adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi di dunia nyata. Nama arduino tidak hanya digunakan untuk menamai board rangkaiannya, tapi juga untuk bahan dan *software* pemrogramannya, serta lingkungan pemrogramannya atau disebut sebagai *Integrate Development Enviroment* (IDE arduino).

IDE (*Integrate Development Enviroment*) arduino adalah sebuah *software* yang berfungsi untuk menulis program, mengkompilasi 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 dilokasi yang diinginkan. *Software ini* terdiri atas editor teks, area pesan, konsol, *toolbar* dan menu-menu lainnya. *Toolbar* yang ada pada *verify*, *upload*, *new*, *open*, *save* dan *serial monitor*.

Menurut Artanto (2012) Fungsi tombol toolbar software Arduino adalah :

- a. *Verify*, berfungsi menegecek apakah ada kesalahn pada kode program atau sketch yang dibuat.
- b. *Upload*, berfungsi untuk mengirimkan kode mesin ke board arduino.
- c. *New*, berfungsi untuk program baru.
- d. *Open*, berfungsi untuk membuka program yang sudah ada didalam sketchbook, yaitu tempat standart untuk menyimpan program.
- e. *Save*, berfungsi untuk menyimpan program yang dibuat.
- f. *Serial monitor*, berfungsi untuk membuka serial monitor, yaitu menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.



Gambar 2.9 Tampilan muka *software* IDE Arduino

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan Atmega328P, yang memiliki 14 digital pin input/output (dimana 6 diantaranya dapat digunakan sebagai PWM output), 6 analog input, 16 MHz *crystal oscillator*, USB *connection*, *power jack*, *ICSP header*, dan tombol reset. Spesifikasi arduino uno dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi arduino uno

Bagian	Spesifikasi
Mikrokontroler	Atmega238P
Tegangan yang dioperasikan	5V
Tegangan masukan (dianjurkan)	7-12 V
Tegangan masukan (batas)	6-20 V
Pin digital I/O	14 (Menyediakan 6 keluaran PWM)
Pin PWM digital I/O	6
PIN masukan analog	6
Arus DC per I/O pin	20 Ma

Arus DC untuk 3.3 V pin	50 Ma
Flash memori	32 KB (Atmega328P) yang 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Kecepatan jam	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 gram

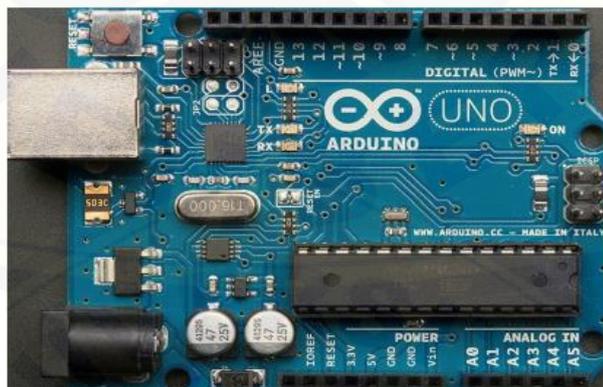
(Sumber : <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>).

Kelebihan Arduino uno dibandingkan dengan platform hardware mikrokontroler lainnya adalah :

1. IDE arduino merupakan multiplatform, dapat dijalankan diberbagai sistem operasi, seperti : windows, macintosh, dan linux
2. Bersifat *open source* , sehingga pengguna bisa men-download software dan gambar rangkaian tanpa harus membayar ke pembuat arduino
3. Harganya cukup murah, mudah dikembangkan, serta mudah dipelajari.

(Artanto, 2012)

Berdasarkan uraian tentang kelebihan arduino diatas, menjadikan Arduino sebagai mikrokontroler paling populer dan banyak digunakan diseluruh dunia saat ini.



Gambar 2.10 Arduino Uno

(Sumber : <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>)

## 2.4 Micro SD Module

SD modul juga disebut dengan *SD Card Shield* merupakan modul yang digunakan untuk mengirim data ke *SD card*. *Pinout* dari SD modul dapat dihubungkan ke Arduino maupun mikrokontroler lainnya, sehingga bermanfaat untuk menambah kapasitas penyimpanan data dan pencatatan data (*data logger system*). Modul ini dapat langsung dihubungkan pada Arduino. Keistimewaan dari SD modul ini adalah :

- a. Terdapat modul untuk standart *SD card* dan *micro SD (TF) card*
- b. Terdapat *switch* untuk memilih *flash card slot*
- c. Dapat dipasang langsung pada Arduino
- d. Dapat digunakan untuk mikrokontroler lain

(Hartono, 2013).

Penggunaan SD modul biasanya pada pengaplikasian seperti *data logger*, audio, video, grafis. SD modul dapat memperluas kapasitas arduino dengan penggunaan memori yang kecil. Modul ini mempunyai antarmuka SPI dan 5V *power supply* yang sesuai dengan arduino UNO/Mega. *SD Card Shield* atau SD modul merupakan solusi untuk mengirim data *SD card*. Keistimewaan dari *Micro SD Module* ini adalah:

1. Bekerja pada tegangan : 5V
2. Ukuran : 20 x 28 mm (0.79 x 1.10")
3. Interface : SPI
4. Bisa digunakan untuk : MicroSD (TF)



Gambar 2.11 SD Module

(Sumber : <http://www.amazon.in/Sandisk-Class-MicroSDHC-Memory-SDSDQM-008G-B35/dp/B001D0ROGO>.)

## 2.5 SD Card

Memori Eksternal merupakan memori tambahan yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Konsep dasar memori eksternal adalah menyimpan data pada saat komputer aktif maupun saat tidak aktif. Salah satu contoh memori eksternal adalah *SD card* (Yasa, 2011)

*SD card* merupakan salah satu bagian untuk menyusun suatu *data logger system*. Penyimpanan dapat dilakukan dalam jangka panjang pada *SD card*. Perbandingan kapasitas penyimpanan pada arduino dan *chip SD card* sangat berbeda. *Chip* arduino memiliki penyimpanan permanen EEPROM yang memiliki kapasitas hanya beberapa ratus *byte*, sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas data yang dapat ditampung *SD card* sebesar *gigabyte*. Harga *SD card* sangat murah dan mudah untuk didapatkan diberbagai toko elektronik. *SD card* merupakan pilihan yang tepat untuk penyimpanan data jangka panjang dengan kapasitas besar (Earl, 2017).

Hartono (2013) menjelaskan bahwa "SD card adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh SD Card Association yang digunakan dalam perangkat portable. Saat ini, teknologi micro SD sudah digunakan oleh lebih 400 merek produk serta dianggap sebagai standart. SD adapter memungkinkan konversi fisik kartu SD yang lebih kecil untuk bekerja pada slot fisik yang lebih besar dan pada dasarnya ini adalah alat pasif yang menghubungkan pin dari SD Card yang kecil ke pin adaptor SD Card yang lebih besar."



Gambar 2.12 SD card

(Sumber : <http://www.amazon.in/Sandisk-Class-MicroSDHC-Memory-SDSDQM-008G-B35/dp/B001D0ROGO>.)

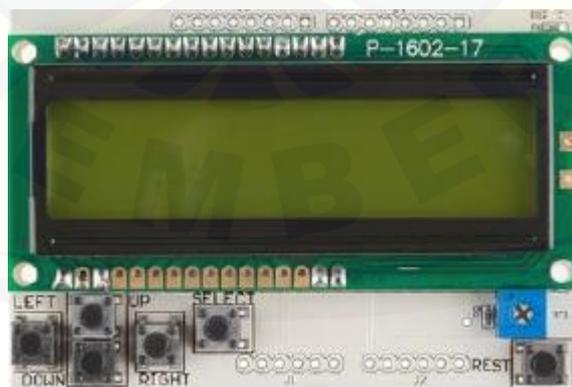
## 2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

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 (Nurchahyo, 2012).

LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi untuk menampilkan suatu nilai deteksi oleh sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD M1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan daya rendah. Saat ini, LCD (*Liquid Crystal Display*) semakin banyak dipergunakan sebagai pengganti rangkaian LED maupun 7 segmen. Hal ini disebabkan oleh :

- a. Semakin murah harga LCD
- b. LCD dapat digunakan untuk menampilkan berbagai macam karakter seperti angka, huruf dan grafik
- c. Pemrograman LCD yang semakin mudah
- d. Daya yang diperlukan rendah

(Adi, 2010).



Gambar 2.13 Tampilan LCD

(Sumber : <http://www.sparkfun.com/products/13293>)

## 2.7 Buah Pisang

### 2.7.1 Klasifikasi buah pisang

Pisang Adalah tanaman buah yang berasal dari kawasan Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Tanaman ini kemudian menyebar ke Afrika, Amerika Selatan dan Tengah. Pisang merupakan nama umum yang diberikan pada tumbuhan raksasa berdaun besar memanjang dari suku Musaceae. Buah ini tersusun dalam tandan dengan kelompok-kelompok tersusun menjari, yang disebut sisir (Espino *et al.*,1992). Menurut Suyanti dan Supriyadi (2008) klasifikasi tanaman pisang secara sistematis dalam ilmu botani sebagai berikut :

Divisi	: Magnoliophyta
Sub divisi	: Spermathophyta
Klas	: Monocotyledonae
Sub klas	: Commelinidae
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Musaceae
Genus	: Musa
Species	: Musa paradisica L.

Pisang merupakan buah klimaterik yang artinya memiliki fase perkembangan, dengan meningkatnya ukuran buah dan meningkatnya kadar karbohidrat yang terakumulasi dalam bentuk pati. Pertumbuhan terhenti saat buah telah benar-benar ranum dan fase pemasakan buah terhambat. Selama fase pemasakan, kekerasan buah menurun, pati berubah menjadi gula, warna kulit berubah dari hijau menjadi kuning dan tingkat kekerasan pada tekstur buah pisang berkurang, berkembang menjadi flavor dengan karakteristik yang khas (Stover dan Simmonds, 1987).

Varietas-varietas pisang diseluruh dunia yang ditanam dapat dibagi dalam empat golongan (Ngraho, 2008), yaitu:

- a. Pisang yang dimakan buahnya setelah ranum, misalnya pisang raja, pisang ambon, pisang susu, pisang cavendish, pisang barangan, dan pisang mas
- b. Pisang yang dimakan setelah direbus atau digoreng, misalnya pisang nangka, pisang tanduk, dan pisang kepok.

- c. Pisang yang berbiji biasanya dimanfaatkan daunnya, misalnya pisang klutuk.
- d. Pisang yang diambil seratnya, misalkan pisang manila.

### 2.7.2 Jenis-jenis buah pisang

Ada beberapa jenis pisang yang dapat tumbuh di Indonesia yaitu :

#### a. Pisang raja

Pisang raja termasuk jenis pisang raksasayang tergolong dalam kelompok pisang tanduk, satu tandan biasanya mencapai 5-8 sisir dengan setiap sisir berjumlah 10-12 buah. Daging buah halus dan bertekstur lembut. Buah pisang raja hampir mirip dengan pisang ambon tetapi memiliki kulit lebih tebal (Bariot, 2006).

Tabel 2.3 Jenis varietas pisang raja

Nama pisang	Morfologi	Rasa buah	Jumlah sisir/tandan	Jumlah buah/sisir
Raja Kinalun 	Tanaman Ramping, taktur kenyal, panjang 10-14cm diameter 2,5-4,5 cm	Manis	8-9 sisir	12-14 buah
Raja Sere 	Ukuran kecil, panjang buah 10-15 cm dan diameter 3-4 cm	Manis	6-8 sisir	12-16 buah
Raja Nangka 	Warna kulit masak kuningkehijauan, panjang 24-28 cm, diameter 3,5-4,5 cm	Asam Manis	6-8 sisir	14-24 buah

(Sumber: Kuntarsih, 2012)

#### b. Pisang kepok

Pisang Kepok merupakan jenis pisang berkulit tebal dengan warna kuning yang menarik kalau sudah matang. Biasanya satu tandan terdiri dari 10-16 sisir dengan berat 14-22kg. Setiap sisir terdapat kurang lebih 20 buah. Pisang kepok memiliki banyak jenis, namun yang terkenal adalah pisang kepok berwarna

kuning dengan daging buah berwarna kuning juga. Daging buah pisang kepek bertekstur agak keras. Buah pisang ini tidak beraroma harum (Cahyono, 2009).

c. Pisang mas

Pisang mas merupakan jenis pisang yang berkulit tipis dengan warna kuning terang atau kuning keemasan kalau sudah matang. Buah berbentuk silinder, biasanya memiliki panjang antara 6-10 cm dan buah pisang mas memiliki rasa manis agak kesat dan memiliki aroma yang khas (Rukmana, 1999).

d. Pisang susu

Pisang susu merupakan jenis pisang yang memiliki ciri fisik hampir sama dengan pisang mas, memiliki panjang 9-11 cm dan buah pisang susu ini tidak berbiji, tekstur pisang sangat lembut, memiliki aroma yang khas. Biasanya satu tandan berjumlah 4-6 sisir setiap sisirnya berjumlah 6-8 buah dengan ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan pisang mas. Pisang susu memiliki banyak kesamaan dengan pisang mas karena pisang susu merupakan jenis pisang satu kelompok dengan pisang mas (Hendro, 2004).

e. Pisang ambon

Pisang ini biasanya berjumlah 7-10 sisir dan tiap sisir terdiri dari 10-16 buah. Warna daging buah putih atau putih kekuningan, rasanya manis. Buah berbentuk silinder sedikit melengkung, panjang dan tidak berbiji. Contoh dari pisang ambon antara lain pisang ambon putih, pisang ambon hijau, pisang ambon lumut, pisang ambon badak, pisang ambon angeleng, dan pisang ambon cavedhis (Roedyarto, 1997).

### 2.7.3 Pemanenan buah pisang

Tingkat kemasakan buah pisang ditentukan oleh tingkat tua buah, tingkat tua buah merupakan faktor penting pada mutu buah pisang. Buah yang dipanen dalam keadaan kurang tua, meskipun dapat masak, akan tetapi kualitasnya akan kurang baik karena rasa dan aromanya kurang baik. Rasa buah pisang manis dan aroma buah kuat apabila dipanen terlalu tua, tetapi memiliki daya simpan yang pendek (Kuntarsih, 2012).

Petani seringkali menentukan tingkat umur tua muda buah pisang berdasarkan pengalaman dan ciri-ciri fisik pada buah, meliputi bentuk buah, ukuran, dan warna kulit buah. Analisis komponen penting sebagai penentu untuk memastikan tingkat umur tua buah pisang juga didukung dengan kadar padatan terlarut total, kadar pati dan kadar asamnya. Analisis ini dilakukan dengan menghancurkan buah dan dilakukan penelitian secara kimiawi. Pada umumnya tingkat umur tua buah pisang dihitung sejak bunga mekar yang merupakan cara lain dalam pemanenan buah pisang. Cara ini dikenal dengan cara fisiologis, yang mudah dilakukan. Pisang dapat dipanen pada umur 100 hari setelah bunga mekar (Prabawati et al.,2008).

Tingkat tua buah juga dapat ditentukan dari umurnya, selain tanda-tanda fisik tadi. Waktu yang diperlukan sejak tanaman ditanam sampai panen adalah sekitar 12-15 bulan. Sekitar 4-6 bulan bila dihitung sejak pisang mulai berbunga atau bergantung varietasnya. Buah pisang dipanen bersma-sama dengan tandannya. Biasanya setelah panen tandan pisang disimpan dalam posisi terbalik supaya getah dari bekas potongan menetes ke bawah tanpa mengotori buah. Dengan posisi ini buah pisang terhindar dari luka yang diakibatkan oleh gesekan buah dengan tanah. Secara konvensional tandan pisang ditutupi dengan daun pisang kering untuk mengurangi penguapan dan diangkut ketempat pemasaran dengan menggunakan kendaraan tertutup (Kuntarsih, 2012).

#### 2.7.4 Kriteria kematangan buah pisang

Selama proses pascapanen, pisang mengalami beberapa perubahan fisikokimia yang mempengaruhi kualitas. Perubahan yang terjadi yaitu susut bobot, rasio daging perkulit buah, kelunakan, warna kulit buah, dan kandungan gula. Berikut penjelasan dari perubahan-perubahan tersebut :

- a. Penyusutan bobot pada buah dipengaruhi oleh hilangnya cadangan makanan karena proses respirasi. Respirasi merupakan metabolisme utama yang terjadi pada buah setelah panen. Dalam proses respirasi terjadi pemecahan senyawa kompleks (karbohidrat, lemak, dan protein) menjadi senyawa sederhana ( $\text{CO}_2$ , air, dan energi). Selama berlangsungnya proses

- respirasi, pisang banyak menggunakan O<sub>2</sub> dan kehilangan substrat (Kader 1992).
- b. Hilangnya air dalam buah dapat juga mempengaruhi laju susut bobot buah. Semakin besar kehilangan air maka semakin besar pula susut bobot buah. Hilangnya air tersebut disebabkan adanya proses transpirasi pada kulit buah yang berpengaruh juga terhadap rasio bobot daging per kulit buah (Paul 1993).
  - c. Perubahan rasio bobot daging per kulit buah dipengaruhi kandungan gula dan air dari daging dan kulit buah pisang. Kandungan gula daging buah meningkat dengan cepat karena peningkatan tekanan osmotik pada kulit buah, selain itu daging buah juga menyerap air pada kulit buah (Lizada *et al.* 1990).
  - d. Pada saat pemasakan, kulit buah mengalami degradasi klorofil sehingga terjadi perubahan warna kulit buah dari hijau menjadi kuning. Perubahan warna ini disebabkan oleh munculnya zat karetenoid yang tidak tertutupi klorofil lagi (Pantastico *et al.* 1989).
  - e. Pisang setelah dipanen mengalami perubahan kekerasan buah. Tekstur daging buah secara bertahap mengalami perubahan dari tekstur keras pada waktu mentah menjadi lunak pada waktu masak. Daging buah menjadi empuk karena adanya degradasi zat pektin dan hemiselulosa (Winarno dan Aman 1981).

## 2.8 Teori Kapasitansi Meter Berbasis Arduino Board

Kapasitansi Meter terdiri dari penjelasan mengenai piranti yang digunakan untuk membuat kapasitansi meter berbasis arduino board dan penjelasan tentang tahapan perakitan alat dari awal sampai akhir. Dalam pembuatan alat ini, digunakan IC ATmega 328p sebagai perangkat keras pengendali utama pada rangkaian elektronik. IC ATmega 328p telah terpasang menjadi satu pada board mikrokontroler arduino uno, sehingga perakitan lebih mudah dilakukan. Perangkat keras selanjutnya yang digunakan dalam rangkaian ini adalah sensor kapasitor. Sensor di hubungkan ke mikrokontroler. Beberapa pin (A0, A1, A2, A3, A4, G,

dan +) dihubungkan ke Arduino. Kapasitansi akan dideteksi oleh dua lapis plat tembaga. Selanjutnya, kapasitansi akan diubah menjadi sinyal listrik dan diteruskan ke Arduino uno, melalui pin analog (A0, A1, A2, A3, dan A4)

Ketika sinyal listrik menjadi input pada arduino, nilai kapasitansi dan kontanta dielektrik yang terdeteksi akan dimunculkan melalui LCD disimpan secara otomatis dalam system *data logger*. Pada pengukuran kapasitansi dan kontanta dielektrik dalam penelitian ini, digunakan alat ukur berupa Kapasitansi Meter rancangan peneliti. Sebelum digunakan, Kapasitansi hasil rancangan peneliti diuji keakuratannya dengan cara membandingkan data hasil pengukuran menggunakan Kapasitansi Meter peneliti dengan Kapasitansi Meter produksi pabrik.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai kapasitansi berdasarkan konstanta dielektrik buah pisang kondisi matang dan belum matang menggunakan kapasitansi meter disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno hasil rancangan peneliti.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang berjudul "Aplikasi Kapasitansi Meter Disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang" bertempat di Laboratorium Elektronika Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Penelitian juga berlangsung ditempat tinggal peneliti. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019.

### 3.3 Definisi Operasional variabel

Variabel beserta definisi operasionalnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian adalah buah pisang dengan kondisi matang dan belum matang.
- b. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kapasitansi yang ditinjau dari bahan dielektrik buah pisang.
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah alat ukur, yaitu kapasitansi meter hasil rancangan peneliti.

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Untuk memberikan gambaran variabel yang akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya, serta menghindari perbedaan persepsi dalam penelitian, maka perlu adanya definisi operasional variabel. Pengertian variabel-variabel tersebut antara lain :

a. Tingkat Kapasitansi Buah Pisang

Pengukuran tingkat kapasitansi pada penelitian ini menghasilkan data akhir berupa C (farad). Hasil data didapat dari pengukuran menggunakan buah pisang susu mentah dan buah pisang susu matang.

b. Alat Ukur

Pada pengukuran tingkat kapasitansi dalam penelitian ini, digunakan alat ukur berupa Kapasitansi Meterrancangan peneliti. Sebelum digunakan, Kapasitansi Meterhasil rancangan peneliti diuji keakuratannya dengan cara membandingkan data hasil pengukuran menggunakan Kapasitansi Meterrancangan peneliti dengan Kapasitansi Meterbuatan pabrik.

c. Kapasitansi

Kapasitansipada penelitian ini adalah kapasitansi yang dihasilkan oleh buah pisang susu mentah hingga buah pisang susu matang. Pengukuran tingkat kapasitansi dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil bacaan secara otomatis tersimpan dalam sistem data logger pada rangkaian alat ukur.

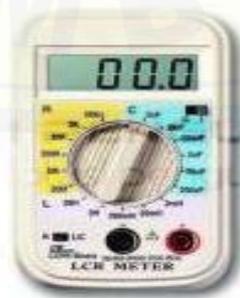
### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk meneliti kapasitansi antara lain:

a. Seperangkat *LCR Meter Lutron LCR-906*

Spesifikasi:

- 1) Merk : LCR Meter Lutron LCR-906
- 2) Range pengukuran : 2 nF sampai 200 F.
- 3) Nilai skala terkecil : 2 nF



Gambar 3.1 LCR Meter Lutron LCR-906 (Sumber: [www. http://ukur.co.id](http://ukur.co.id))

b. Arduino uno

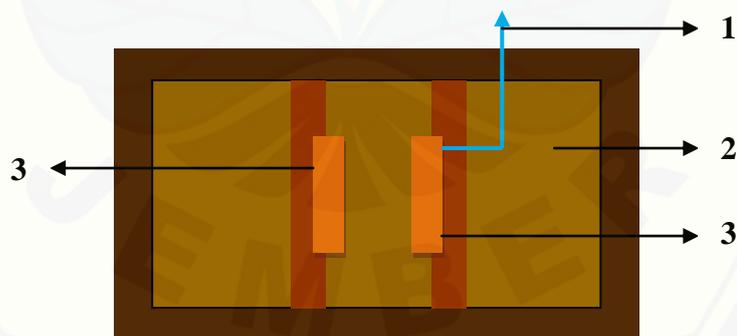
- c. Dua buah plat PCB dengan ukuran masing-masing 6 cm x 6 cm
- d. Kabel *port* USB
- e. Kabel *jumper male to male* dan *famale to male*
- f. SD *Module* dengan kode produk SKU-316412
- g. SD *Card* dengan kapasitas 8 GB
- h. LCD ukuran 16 x 2 cm
- i. Trimmer potensiometer (trimpot) dengan R sebesar 1 K $\Omega$
- j. *Power bank* dengan *output voltage* sebesar 9 volt
- k. 15 kapasitor digunakan sebagai bahan uji
- l. 5 tundun buah pisang susu mentah yang lolos uji organoleptik, digunakan sebagai bahan yang akan diteliti.
- m. kayu digunakan untuk membuat papan sensor.

### 3.5 Desain Alat Penelitian

#### 3.5.1 Desain Rangkaian Alat

Penelitian menggunakan desain rangkaian alat seperti pada gambar dibawah ini.

##### a. Rangkaian sensor kapasitor

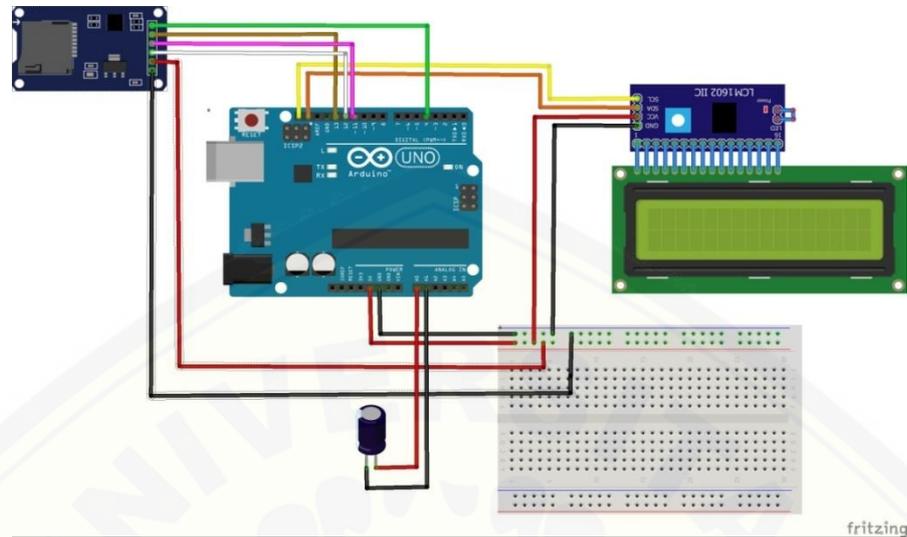


Gambar 3.2 Skema rangkaian sensor kapasitor

Keterangan :

1. Kabel penghubung
2. Meja kayu
3. Plat tembaga atau PCB

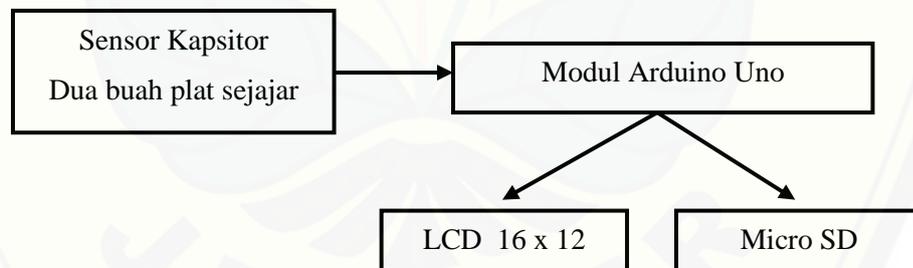
## b. Rangkaian sistem alat kapasitansi meter



Gambar 3.3 Skema rangkaian sistem kapasitansi meter dilengkapi sensor kapasitor dan sistem data logger

## 3.5.2 Desain Blok Perancangan Alat

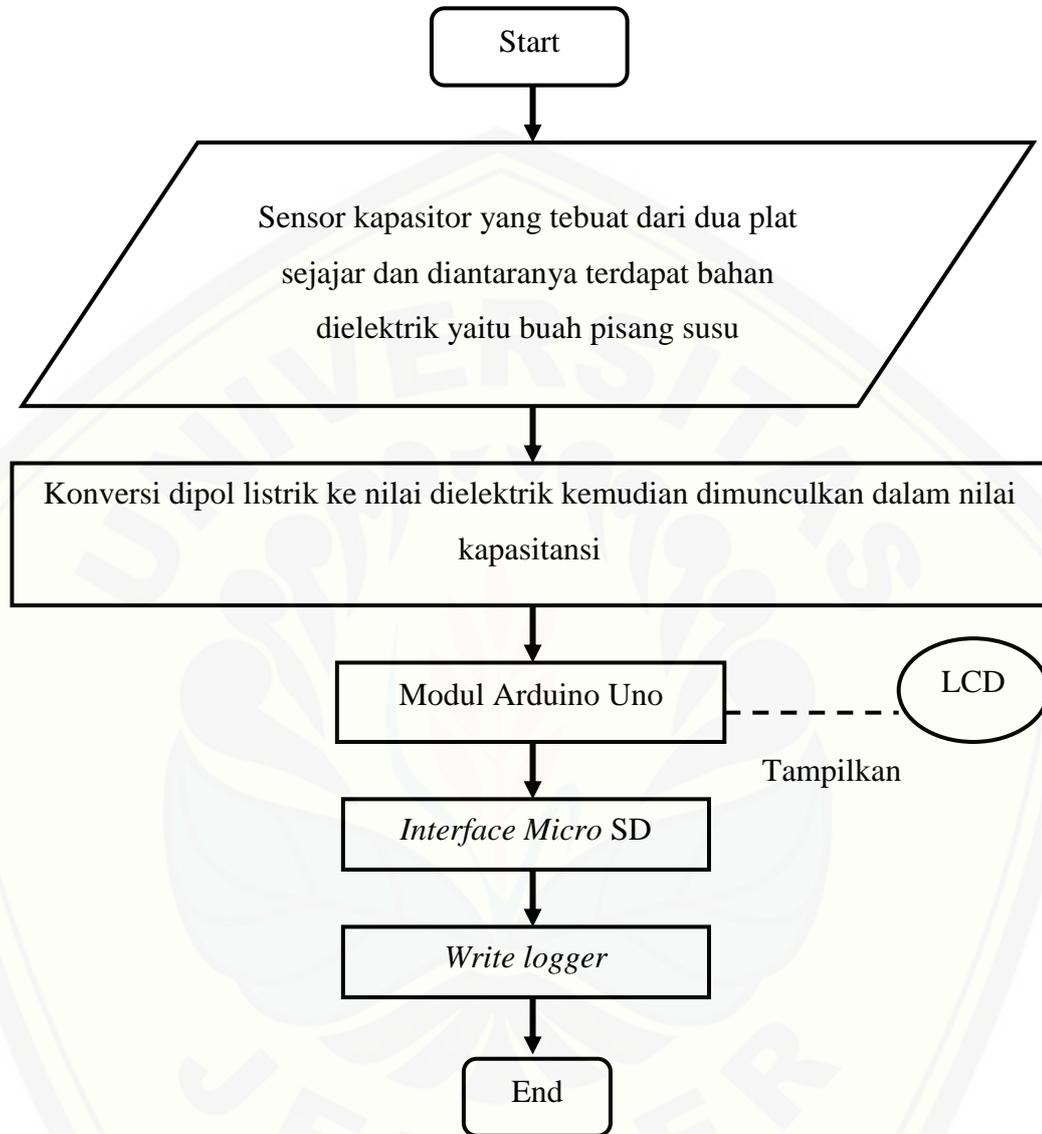
Secara umum, diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.4 Diagram blok perancangan alat

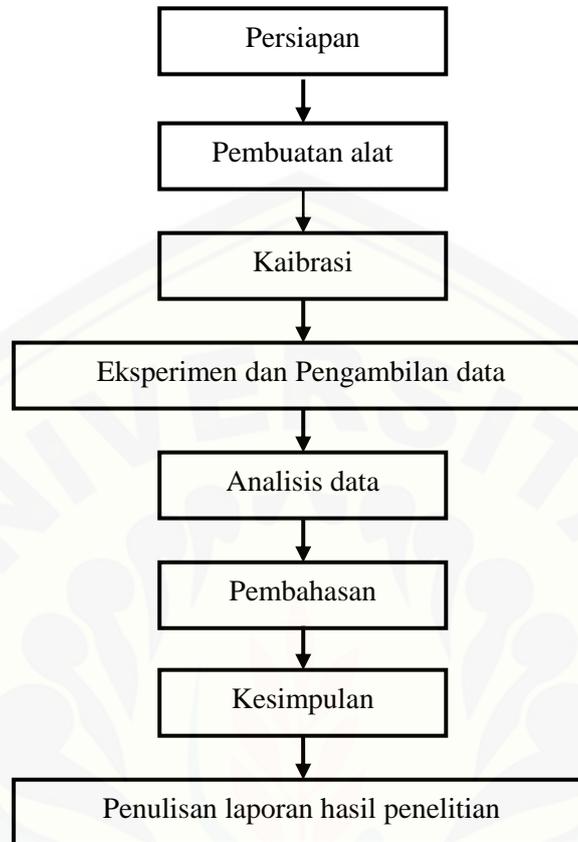
Rancangan alat terdiri dari sensor kapasitor yang terbuat dari dua plat sejajar sebagai input pendeteksi nilai kapasitansi buah pisang, arduino sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali rangkaian, LCD sebagai output tampilan, dan sistem data logger sebagai output penyimpanan data yang telah didapat selama pengukuran.

## 3.5.3 Flowchart



Gambar 3.5 Flowchart

### 3.6 Alur Penelitian



Gambar 3.6 Skema alur penelitian

### 3.7 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Mempersiapkan alat dan bahan

Alat dan bahan yang telah disediakan pada subab 3.4 disediakan terlebih dahulu. Alat dan bahan yang digunakan harus sudah dalam kondisi berikut :

- 1) LCR meter atau kapasitansi meter produksi pabrik siap digunakan sebagai kalibrator.
- 2) Arduino uno dapat disambungkan ke PC, *software* IDE arduino sudah ter-*instal* dan siap digunakan.

b. Pembuatan alat kapasitansi meter arduino uno

Menyusun alat percobaan seperti pada gambar desain alat penelitian. kemudian melakukan input coding bahasa pemrograman ke arduino uno melalui PC, dengan menyesuaikan alat elektronika yang dipakai dengan kode pemrograman yang tertera dibagian lampiran. Pemrograman dibuat untuk mendukung sistem rangkaian kapasitansi meter yang telah dibuat supaya dapat bekerja dengan maksimal.

c. Penelitian

Setelah alat dan bahan dirangkai, maka proses penelitian dapat dilakukan. Adapun proses penelitian dijelaskan sebagai berikut :

1) Sebelum proses pengambilan data, kapasitansi meter hasil rakitan perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian dilakukan pada masing-masing rangkaian pendukung dari sistem alat secara keseluruhan. Proses pengujian dilakukan dilaboratorium elektronika dasar FKIP Fisika Universitas Jember. Pengujian yang dilakukan adalah :

a) Pengujian rangkaian sensor kapasitor

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui apakah rangkaian sensor ini dapat berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan data kapasitansi bahan sebagai bahan dielektrik. Pengujian dilakukan menggunakan kapasitansi meter dari pabrik yang telah banyak beredar dipasaran. Tahap pengambilan data dilakukan dengan dua keadaan, yaitu mengukur kapasitansi sensor dengan bahan dielektrik berupa buah pisang yang diletakkan diantara plat tembaga dan mengukur kapasitansi sensor tanpa bahan dielektrik (udara). Masing-masing pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali. Nilai kapasitansi yang terukur lebih besar dengan adanya bahan dielektrik diantara dua plat sensor kapasitor dari nilai kapasitansi tanpa bahan dielektrik diantara dua plat sensor kapasitor. Pada pengujian sensor kapasitor kondisi jarak masing-masing plat diatur sedemikian rupa sehingga masing-masing plat benar-benar menempel dengan buah uji.

b) 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 rangkaian Arduino dan LCD dengan komputer melalui koneksi kabel USB

c) Pengujian sistem alat kapasitansi meter Arduino Uno

Pengujian ini 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 5 kali pengulangan pengambilan data nilai kapasitansi dari kapasitor dan akan ditampilkan melalui layar LCD. Dari kelima data tersebut akan diambil rata-rata nilai kapasitansi. Selain itu, pengukuran kapasitansi kapasitor menggunakan kapasitansi meter pabrikan juga dilakukan sebagai data pembandingan.

- 2) Kalibrasi terhadap sensor kapasitor dilakukan dengan kondisi sensor kapasitor dengan dielektrik udara. Nilai kapasitansi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai kapasitansi menurut Halliday & Resnick (1984) pada udara yaitu 1,00054. Data hasil kalibrasi dapat dilihat pada lampiran.
- 3) Setelah dilakukan kalibrasi, dapat dilakukan pengambilan data. Pengambilan data yang dilakukan yaitu pengukuran kapasitansi buah pisang. Buah pisang diletakkan diantara dua sisi plat tembaga sejajar yang berfungsi sebagai sensor kapasitor.
- 4) Pengukuran dilakukan pada buah pisang susu yang diambil dari masing-masing tundun sampel yang diambil yaitu pisang yang mulai mengalami semburat warna kuning pada kulitnya dan semua sampel diberikan kode sampel. Buah pisang yang digunakan merupakan hasil uji organoleptik. Uji

organoleptik adalah metode penilaian komoditas hasil pertanian dan bahan pangan dengan menggunakan panca indera.

- 5) Data hasil pengukuran tercatat oleh sistem data *logger* dengan 5 kali pengukuran. Setiap pengukuran terjadi pada saat pengisian kapasitor dengan kurun waktu tertentu.
- 6) Tabel hasil pengukuran nilai kapasitansi buah pisang susu dapat dilihat pada lampiran.
- 7) Data hasil penelitian yang diperoleh, selanjutnya dijumlahkan dan dirata-rata supaya mudah dalam interpretasi data.

d. Menampilkan data hasil pengukuran pada PC

Data berupa nilai kapasitansi dari hasil pengukuran yang tersimpan dalam data *logger*. Kemudian data tersebut ditampilkan pada PC melalui dokumen dalam bentuk *xlsx*.file. Data kemudian ditampilkan dalam tabel pengamatan.

e. Analisis data

Data yang disusun dalam tabel akan diolah dan dianalisis, yaitu menyesuaikan hasil penyajian data dari uji organoleptik dan nilai kapasitansinya. Sehingga didapatkan buah pisang matang (berdasarkan uji organoleptik) dan nilai kapasitansi buah pisang tersebut (berdasarkan pengukuran menggunakan alat kapasitansi meter disertai sistem data logger berbasis arduino uno)

f. Pembahasan

Apabila analisis data telah dilakukan maka dilanjutkan pembahasan hasil penelitian. Pembahasan yaitu penjabaran dari hasil penelitian.

g. Kesimpulan

Langkah selanjutnya adalah membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan pembahasn yang telah dibuat. Kesimpulan ini berisi jawaban dari rumusan masalah yang telah ditetapkan. Kesimpulan merupakan inti dari hasil dan pembahasan.

h. Penyusunan laporan penelitian

Langkah terakhir adalah penyusunan laporan penelitian berdasarkan seluruh data yang didapatkan dan analisis yang dilakukan.

### 3.8 Teknik Penyajian Data

Data yang diperoleh dari percobaan akan ditabulasikan dalam tabel berikut :

Tabel 3.1 Tabel penyajian data hasil ukur kalibrasi kapasitansi meter rancangan

C(pF)					C	$\Delta C$	C referensi
1	2	3	4	5	rata-rata		

Tabel 3.2 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat kematangan buah pisang susu

Kode pisang	Kondisi Kematangan pisang (Uji Organoleptik)	C(pF)					C rata-rata	$\Delta C$	k					k rata-rata	$\Delta k$	
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5			
	Belum matang															
	Matang															

### 3.9 Teknik Analisis Data

Ketentuan pengisian tabel sebagai berikut :

- Tabel nilai kapasitansi buah pisang susu kondisi belum matang 1 diisi data hasil pengukuran nilai kapasitansi 1 menit pertama dari dimulainya pengukuran, kondisi belum matang 2 merupakan pengukuran nilai kapasitansi satu menit setelah kondisi belum matang 1 begitu seterusnya hingga 5 menit dan didapatkan kondisi belum matang 5. Untuk pengukuran kondisi matang sama dengan kondisi yang belum matang.
- Kolom  $C$  rata-rata merupakan penjumlahan dari nilai kapasitansi yang kemudian di rata-rata.
- Setelah diketahui nilai rata-rata kapasitansi buah pisang susu, selanjutnya nilai tersebut dijadikan acuan untuk penentuan karakter buah pisang susu yang disesuaikan dengan uji organoleptik.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang dihasilkan pada bab pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

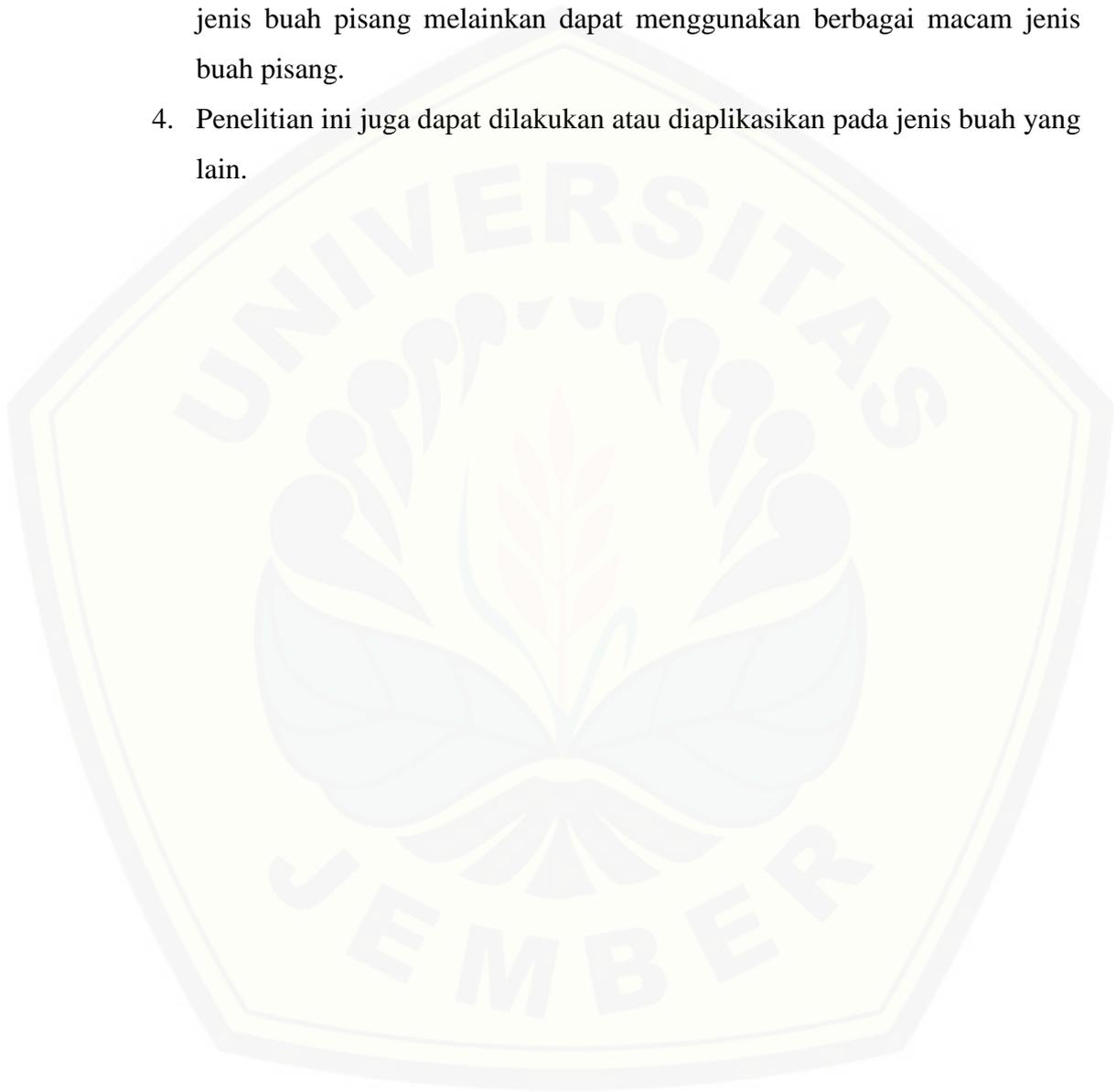
1. Prototype sistem aplikasi kapasitansi meter berbasis arduino uno dibuat dengan adanya sensor kapasitor, penambahan sistem data *logger* untuk menyimpan data hasil pengukuran dan media penampil data yaitu LCD. Rangkaian sistem tersebut kemudian dikalibrasi untuk menyatakan bahwa sistem tersebut dapat digunakan dengan baik. Kalibrasi meliputi kalibrasi sensor kapasitor, kalibrasi sistem alat kapasitansi meter berbasis arduino serta pengujian LCD. Dari hasil kalibrasi tersebut sistem alat dinyatakan berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi kematangan buah pisang berdasarkan nilai kapasitansi. Cara penggunaannya cukup sederhana, yaitu buah pisang diletakan pada sensor plat kapasitor dengan masing-masing sisi plat menempel pada buah pisang. Kemudian data nilai kapasitansi buah pisang susu ditampilkan pada layar LCD dan disimpan dalam *micro sd*. Alat ini dapat digunakan pada proses jual beli pisang dipasaran.
2. Nilai konstanta dielektrik buah pisang pada kondisi belum matang berada pada rentang nilai  $(30,518 \pm 0,049)$  sampai  $(155,017 \pm 0,052)$  dan nilai konstanta dielektrik pisang pada kondisi matang berada pada rentang nilai  $(158,081 \pm 0,281)$  sampai  $(974,759 \pm 0,515)$

### 5.2 Saran

untuk dapat membuat sistem pengukuran nilai kapasitansi meter yang lebih akurat dan maksimal pada buah, dan dapat mengetahui kondisi kematangan buah, disarankan untuk:

1. Untuk mengetahui keakurasian sistem aplikasi kapasitansi meter bisa dilakukan dengan memvariasi jarak antar plat sensor kapasitor dan menggunakan variasi bahan pada masing-masing plat konduktor.

2. Untuk rentang nilai dielektrik 155,017 sampai 158,081 atau untuk batas buah pisang belum matang sampai sudah matang perlu dilakukan pengkajian dengan menggunakan alat ukur lain.
3. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan tidak hanya menggunakan satu jenis buah pisang melainkan dapat menggunakan berbagai macam jenis buah pisang.
4. Penelitian ini juga dapat dilakukan atau diaplikasikan pada jenis buah yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

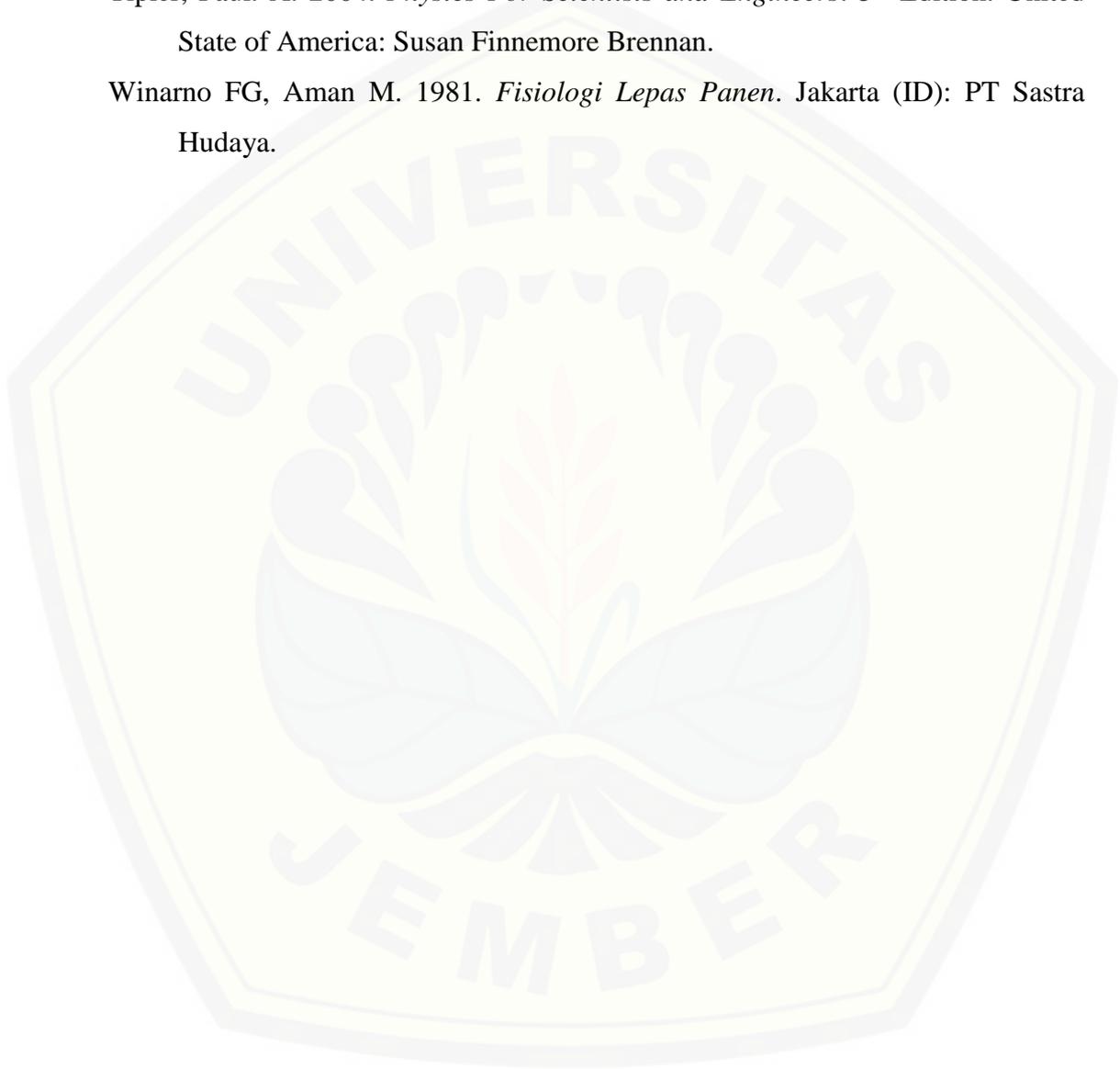
- Adeyemi, O.S dan Oladiji, A.T. 2009. Compositional Changes in Banana (*Musa spp.*) Fruits During Ripening. *African Journal of Biotechnology*, Vol.8, No 5. ISSN: 858-859.
- Adi, A.N.2010. *Mekatronika 2010 Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.  
Amazon.com. <http://www.amazon.in/Sandisk-Class-MicroSDHC-Memory-SDSDQM-008G-B35/dp/B001D0ROGO>. [Diakses pada 23 Mei 2018].
- Arduino.2015.*ArduinoBoardUno*.<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#> [Diakses pada 23 Mei 2018].
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Banzi, Massimo. 2011. *Getting Started with Arduino*. 2<sup>nd</sup> Edition. USA : O'Reilly Media Inc.
- Beiser Arthur.1962. *The Mainstream of Physics*. United State of America : Addison-wesley Publishing Company.
- Bariot, H. 2006. *Meraih Untung dengan Usaha Tani Pisang Raja Nangka*. Lampung :Tabloid Sinar Tani.
- Cahyono, Eko Bowo, dkk. 2017. *Karakteristik Sensor Kapasitif Pelat Sejajar Dalam Aplikasinya Sebagai Instrumen Pengukur Curah Hujan Berbasis Arduino Uno*. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol 7 No 2 Oktober 2017.
- Cahyono, B. 2009. *Pisang (Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen)*. Yogyakarta: Kanisius.
- CV. Jaya Multi Mandiri. 2012. LCR Meter Lutron LCR-9063.<https://ukur.co.id/lcr-meter-lutron-lcr-9063/> [Diakses pada 24 Mei 2018]
- Dinata, Y. Marta. 2014. *Arduino itu Mudah*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- Earl, B. 2017. Adafruit Data logger Shield. <http://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-data-logger-shield.pdf>. [Diakses pada 23 Mei 2018].

- Espino RRC, Jamaludin SH, Silayoi B, Nasution RE. 1992. *Plant Resources of South-East Asia 2: Edible Fruits and Nuts (Musa L. (edible cultivars))*. Verheij EWM, Coronel RE, editor. Bogor (ID): PROSEA Foundation.
- 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.
- Giancoli, Douglas.C. 2001. *Fisika Edisi ke Lima*. Trjemahan oleh Yhilza Hanum & Irawan Arifin.2001. Jakarta : Erlangga.
- Giancoli, Douglas.C. 2009. *Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*. Fourth Edition. United State of America : Pearson Education. Inc.
- Gulita, Natalia Diyaning, dkk. 2015. *Identifikasi Sifat Dielektrik Pisang Pada Tingkat Kematangan Berbeda dengan Rangkaian RLC*. Jurnal Radiasi.. Vol 6 No 2 April 2015.
- Griffiths, David J. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. United State of America: Prentice-Hall.
- Halliday,D. & Resnick, R, Krane,K.S. 1916. *Physics 4<sup>th</sup> Edition Volume 2 Extended*. United State of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Halliday, & Resnick. 1984. Fisika Edisi Ke 3 Jilid 2. Terjemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1984. Jakarta : Erlangga
- Halliday, D., Resnick. R. 1997. Fisika Edisi Ketiga Jilid 2. Terjemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1997. Jakarta : Erlangga
- Hamid, Abdul.2016. Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Hartono, R. 2013. Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Uno. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Hidayat , Haerul.2015.Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

- Hendro, S. 2004. *Budidaya Pisang dengan Kultur Jaringan*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Iswanto. 2001. *Belajar Mikrokontroler AT89S51 dengan Bahasa C*. Yogyakarta : Andi.
- Kader AA. 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. California (US): University of California Division of Agriculture and Natural Resources Oakland.
- Kamajaya. 1984. *Ringkasan Fisika Edisi Pertama*. Jawa Barat : Ganeca Exact Bandung.
- Kementerian Pertanian.2016. *Outlook Komoditas Pisang*.Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Kuntarsih, S. 2012. *Pedoman Penangan Pascapanen Pisang*. <http://ditbuah.hortikultura.deptan.go.id/admin/layanan/pedoman-penanganan-pascapanen-pisang.pdf> [Diakses pada 24 Mei 2018]
- Lizada MCC. Pantastico ErB, Shukor Abd, Sabari SD. 1990. *Ripening of Banana*. Kualalumpur: ASEAN Food Handling Bureau.
- Nurchayyo, Sidik. 2012. *Aplikasi dan Teknik Pemograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta : Andi.
- Ngraho. 2014. *Budidaya Tanaman Pisang*. <http://www.ngraho.com/2008/02/21/budidayapisang> [Diakses pada 24 Mei 2018]
- Pantastico ErB, Matto AK, Phan CT. 1989. *Fisiologi pascapanen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan sub tropika*. Kamaryani, penerjemah; Pantastico ErB, editor. Yogyakarta (ID): UGM Pr. Terjemahan dari: *postharvest physiology, handling and utilization tropical and sub-tropical fruits and vegetables*.
- Paul RE. 1993. Tropical fruit physiology and storage potential. Di dalam: Champ BR, Highley E, Johnson GI, editor. *Proceedings of an International Conference*; 1993 Jul 19-23; Chiang Mai, Thailand. hlm 198-203.

- Prabawati, S. Suyanti dan Setyabudi, D, A. 2008. *Teknologi Pascapanan dan Teknik Pengolahan Buah Pisang*. Jakarta: Balai Besar Penerbitan dan Pengembangan Pertanian.
- Purnama, A. 2015. Karakteristik Kapasitor. <http://elektronika-dasar.web.id/karakteristik-kapasitor/> [Diakses pada 21 Mei 2018].
- Purnamasari, Putri. 2017. Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi Dengan Menggunakan Arduino Uno . *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Ragni, L. Gradari, dkk. 2006. *Predicting Quality Parameters Of Shell Eggs Using A Simple Technique Based On The Dielectric Properties*. Biosystem Engineering, Vol. 94, No. 2. ISSN : 255-262
- Roedyarto. 1997. *Budidaya Pisang Ambon*. Surabaya: Tribus Agrisarana.
- Rukmana, R. 1999. *Usaha Tani Pisang*. Yogyakarta: Kanisius
- 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).
- Sarwono, Syarief, & Subrata. 1992. *Piranti Ukur Elektronik Untuk Industri Pangan*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Samosir, Ahmad Sudi. 2016. *Impelementasi Alat Ukur Kapasitansi digitl (Digital Capacitance Meter) berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Vol 10 No 1 Januari 2016.
- Serway & Jewett.2004. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan Oleh Chriswan Sungkono.2010. Jakarta : Salemba Teknika.
- Sinclair & Duton. 2007. *Practical Electronics Handbook*. Six Edition. Great Britain : Elsevier Ltd.
- Stover, R,H. dan Simmond, N,W.1987. *Bananas,Tropical Agricultura Series*. Essex UK: Logman Scientific dan Tecnical.
- Sutowijoyo, Danang.2013. *Kriteria Kematangan Pascapanen Pisang Raja Bulu dan Pisang Kepok* . *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapan*. Jilid 1. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Suyanti, S. dan Supriyadi, A. 2008. *Pisang Budidaya, Pengolahan dan prospek pasa*. Jakarta : Penebar swadaya.
- Tipler, Paul. A. 2004. *Physics For Scientists and Engineers*. 5<sup>th</sup> Edition. United State of America: Susan Finnemore Brennan.
- Winarno FG, Aman M. 1981. *Fisiologi Lepas Panen*. Jakarta (ID): PT Sastra Hdaya.



## LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
Aplikasi kapasitansi meter berbasis arduino uno untuk mengetahui Tingkat Kematangan Buah Pisang.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mendeskripsikan pembuatan alat sebagai penunjuk nilai kapasitansi buah pisang Menggunakan Arduino Uno</li> <li>Menentukan nilai konstanta dielektrik untuk buah pisang kondisi belum matang dan kondisi matang.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Variabel Bebas           <ol style="list-style-type: none"> <li>Buah pisang</li> </ol> </li> <li>Variabel Terikat           <ol style="list-style-type: none"> <li>Nilai kapasitansi</li> <li>Nilai konstanta dielektrik</li> </ol> </li> <li>Variabel kontrol           <ol style="list-style-type: none"> <li>Alat (Capasitansi meter berbasis arduino uno)</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Teknik pengambilan data melalui percobaan</li> <li>Sumber literatur yang digunakan yaitu berupa buku dan jurnal-jurnal penelitian sebelumnya</li> <li>Teknik analisis data menggunakan SPSS</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Tempat penelitian:           <ol style="list-style-type: none"> <li>Di Laboratorium fisika</li> </ol> </li> <li>Jenis Penelitian : Eksperimen</li> </ol>

**LAMPIRAN B. CODING BAHASA PEMOGRAMAN KAPASITANSI**

```

/* RCTiming_capacitance_meter
 * Paul Badger 2008
 * Demonstrates use of RC time constants to measure the value
of a capacitor
 *
 * Theory A capacitor will charge, through a resistor, in one
time constant, defined as T seconds where
 *  $TC = R * C$ 
 *
 * TC = time constant period in seconds
 * R = resistance in ohms
 * C = capacitance in farads (1 microfarad (ufd) = .0000001
farad =  $10^{-6}$  farads )
 *
 * The capacitor's voltage at one time constant is defined
as 63.2% of the charging voltage.
 *
 * Hardware setup:
 * Test Capacitor between common point and ground (positive
side of an electrolytic capacitor to common)
 * Test Resistor between chargePin and common point
 * 220 ohm resistor between dischargePin and common point
 * Wire between common point and analogPin (A/D input)
 */

#define analogPin      0          // analog pin for measuring
capacitor voltage
#define chargePin      13         // pin to charge the
capacitor - connected to one end of the charging resistor
#define dischargePin   11        // pin to discharge the
capacitor
#define resistorValue  10000.0F   // change this to whatever
resistor value you are using
                                // F formatter tells
compiler it's a floating point value

unsigned long startTime;
unsigned long elapsedTime;
float microFarads;              // floating point variable
to preserve precision, make calculations
float nanoFarads;

void setup(){
  pinMode(chargePin, OUTPUT);    // set chargePin to output
  digitalWrite(chargePin, LOW);

  Serial.begin(9600);           // initialize serial
transmission for debugging
}

```

```
void loop(){
  digitalWrite(chargePin, HIGH); // set chargePin HIGH and
  capacitor charging
  startTime = millis();

  while(analogRead(analogPin) < 648){ // 647 is 63.2% of
  1023, which corresponds to full-scale voltage
  }

  elapsedTime= millis() - startTime;
  // convert milliseconds to seconds ( 10^-3 ) and Farads to
  microFarads ( 10^6 ), net 10^3 (1000)
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1000;
  Serial.print(elapsedTime); // print the value to
  serial port
  Serial.print(" mS "); // print units and carriage
  return

  if (microFarads > 1){
    Serial.print((long)microFarads); // print the value
  to serial port
    Serial.println(" microFarads"); // print units and
  carriage return
  }
  else
  {
    // if value is smaller than one microFarad, convert to
    nanoFarads (10^-9 Farad).
    // This is a workaround because Serial.print will not
    print floats

    nanoFarads = microFarads * 1000.0; // multiply by
  1000 to convert to nanoFarads (10^-9 Farads)
    Serial.print((long)nanoFarads); // print the value
  to serial port
    Serial.println(" nanoFarads"); // print units and
  carriage return
  }

  /* discharge the capacitor */
  digitalWrite(chargePin, LOW); // set charge pin
  to LOW
  pinMode(dischargePin, OUTPUT); // set discharge
  pin to output
  digitalWrite(dischargePin, LOW); // set discharge
  pin LOW
  while(analogRead(analogPin) > 0){ // wait until
  capacitor is completely discharged
  }

  pinMode(dischargePin, INPUT); // set discharge
  pin back to input
```

**LAMPIRAN C. HASIL PENGUJIAN SISTEM ALAT KAPASITANSI  
METER DISERTAI SISTEM DATA LOGGER  
BERBASIS ADUINO UNO**

Tabel A.1 Hasil pengujian sensor kapasitor dengan bahan dielektrik udara

C(pF)					C	$\Delta C$	C referensi
1	2	3	4	5	rata-rata (pF)		
1,100	0,970	1,000	1,001	0,973	1,0028	0,027	1,00054

Tabel A.2 Hasil pengujian sensor kapasitor dengan bahan dielektrik buah pisang

C					C rata-rata	k					k rata-rata	$\Delta k$
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
258,000	258,000	257,900	258,001	258,100	258,000	257,280	257,280	257,180	257,281	257,379	257,280	0,099

Tabel A.3 sistem alat kapasitansi meter berbasis Arduino Uno

Nilai yang tertera dibadan kapasitor (F)	Hasil pengukuran menggunakan														Selisih hasil pengukuran
	kapasitansi meter Rangkaian peneliti							kapasitansi meter CM8601A+							
	1	2	3	4	5	rata-rata	$\Delta C$	1	2	3	4	5	rata-rata	$\Delta C$	
47 p	48,467	48,344	48,139	48,123	48,328	48,280	0,205	49,345	49,144	49,234	49,271	49,334	49,226	0,063	0,985
82 p	83,364	83,367	83,370	83,354	83,380	83,367	0,026	83,664	83,543	83,455	83,211	83,612	83,497	0,401	0,130
56 p	57,364	56,960	56,994	57,324	57,664	57,261	0,340	57,643	57,649	57,446	57,644	57,875	57,651	0,231	0,390
5 n	4,834	4,845	4,823	4,810	4,866	4,836	0,056	4,965	4,977	4,892	4,910	4,985	4,946	0,075	0,110
33 n	34,200	34,413	34,287	34,276	34,324	34,300	0,048	34,834	34,765	34,988	34,921	34,922	34,886	0,001	0,586
23 n	22,344	22,453	22,233	22,124	22,333	22,297	0,209	23,011	23,001	23,010	23,005	23,120	23,029	0,115	0,732
10 u	11,234	10,966	11,200	11,000	11,100	11,100	0,100	11,320	11,080	11,270	11,130	11,200	11,200	0,070	0,100
4,7 u	4,785	4,865	4,932	4,721	4,898	4,840	0,177	4,999	4,989	4,990	4,977	4,998	4,991	0,021	0,150
22 u	22,922	22,543	22,980	23,104	23,112	22,932	0,008	23,224	23,117	23,222	23,113	23,123	23,160	0,010	0,228

**LAMPIRAN D. TABEL HASIL UKUR TINGKAT KEMATANGAN BUAH PISANG SUSU**

Tabel D.1 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat kematangan buah pisang susu

Kode Pisang	Kondisi Kematangan Pisang (Uji Oranoleptik)	C (pF)					C rata-rata	K					k rata-rata	Δk
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
1 A 1	Belum Matang	49,610	49,176	49,176	49,146	49,051	49,232	49,471	49,039	49,039	49,009	48,914	49,094	0,095
1 A 2	Belum Matang	50,275	50,053	50,724	50,499	50,053	50,321	50,135	49,913	50,582	50,358	49,913	50,180	0,445
1 A 3	Belum Matang	49,509	49,176	49,890	50,081	50,009	49,733	49,371	49,039	49,751	49,941	49,869	49,594	0,072
1 B 1	Belum Matang	31,670	31,420	31,670	31,796	31,545	31,620	31,582	31,332	31,582	31,707	31,457	31,532	0,250
1 B 2	Belum Matang	31,796	31,670	31,545	31,420	31,146	31,515	31,707	31,582	31,457	31,332	31,059	31,427	0,273
1 B 3	Belum Matang	30,961	31,051	30,439	30,307	30,258	30,603	30,875	30,964	30,354	30,222	30,174	30,518	0,049
1 C 1	Belum Matang	59,840	59,557	59,840	59,276	59,193	59,541	59,673	59,391	59,673	59,110	59,028	59,375	0,083
1 C 2	Belum Matang	60,700	60,991	60,125	60,412	60,174	60,480	60,531	60,821	59,957	60,243	60,006	60,312	0,237
1 C 3	Belum Matang	61,875	61,875	61,284	61,628	61,579	61,648	61,702	61,702	61,113	61,456	61,407	61,476	0,049
1 D 1	Belum Matang	54,572	54,960	54,520	54,307	54,025	54,477	54,420	54,807	54,368	54,155	53,874	54,325	0,281
1 D 2	Belum Matang	55,786	55,530	55,275	55,051	55,022	55,333	55,630	55,375	55,121	54,897	54,868	55,178	0,029
1 D 3	Belum Matang	53,779	53,536	53,293	53,272	53,044	53,385	53,629	53,387	53,144	53,123	52,896	53,236	0,227
1 E 1	Belum Matang	35,146	35,289	35,720	35,865	35,575	35,519	35,048	35,190	35,620	35,765	35,476	35,420	0,289

1 E 2	Belum Matang	35,005	35,146	35,805	35,146	35,005	35,221	34,907	35,048	35,705	35,048	34,907	35,123	0,141
1 E 3	Belum Matang	35,865	35,720	35,432	36,010	35,720	35,749	35,765	35,620	35,333	35,909	35,620	35,650	0,289
2 A 1	Belum Matang	55,530	55,275	56,304	56,304	56,044	55,891	55,375	55,121	56,147	56,147	55,888	55,735	0,259
2 A 2	Belum Matang	55,565	55,275	55,530	56,304	56,044	55,744	55,410	55,121	55,375	56,147	55,888	55,588	0,259
2 A 3	Belum Matang	56,304	56,044	56,829	56,565	56,304	56,409	56,147	55,888	56,670	56,407	56,147	56,252	0,260
2 B 1	Belum Matang	33,760	33,625	33,490	33,356	33,090	33,464	33,666	33,531	33,396	33,263	32,998	33,371	0,265
2 B 2	Belum Matang	33,895	33,696	33,223	33,670	33,223	33,541	33,800	33,602	33,130	33,576	33,130	33,448	0,446
2 B 3	Belum Matang	33,625	33,490	33,223	33,356	33,306	33,400	33,531	33,396	33,130	33,263	33,213	33,307	0,050
2 C 1	Belum Matang	66,918	66,918	66,256	66,586	66,256	66,587	66,731	66,731	66,071	66,400	66,071	66,401	0,329
2 C 2	Belum Matang	66,918	66,586	66,586	66,918	66,586	66,719	66,731	66,400	66,400	66,731	66,400	66,533	0,331
2 C 3	Belum Matang	66,910	66,930	67,253	67,125	67,022	67,048	66,723	66,743	67,065	66,938	66,835	66,861	0,103
2 D 1	Belum Matang	58,170	58,444	58,719	58,444	58,170	58,389	58,008	58,281	58,555	58,281	58,008	58,226	0,273
2 D 2	Belum Matang	57,628	57,093	57,360	57,628	57,360	57,414	57,467	56,934	57,200	57,467	57,200	57,253	0,267
2 D 3	Belum Matang	59,557	59,276	59,557	59,840	59,557	59,557	59,391	59,110	59,391	59,673	59,391	59,391	0,282
2 E 1	Belum Matang	40,907	40,898	40,567	40,398	40,078	40,570	40,793	40,784	40,454	40,285	39,966	40,456	0,319
2 E 2	Belum Matang	40,736	40,567	40,393	40,078	40,064	40,368	40,622	40,454	40,280	39,966	39,952	40,255	0,014
2 E 3	Belum	41,947	41,078	41,597	41,771	41,597	41,598	41,830	40,963	41,481	41,654	41,481	41,482	0,174

	Matang													
3 A 1	Belum Matang	117,810	117,623	117,296	117,211	117,006	117,389	117,481	117,295	116,968	116,884	116,679	117,061	0,204
3 A 2	Belum Matang	118,623	118,221	118,137	118,030	118,011	118,204	118,292	117,891	117,807	117,700	117,681	117,874	0,019
3 A 3	Belum Matang	121,971	121,832	121,119	121,119	121,030	121,414	121,630	121,492	120,781	120,781	120,692	121,075	0,089
3 B 1	Belum Matang	98,885	98,885	98,501	98,207	98,119	98,519	98,609	98,609	98,226	97,933	97,845	98,244	0,088
3 B 2	Belum Matang	102,642	102,207	102,000	102,112	102,000	102,192	102,355	101,922	101,715	101,827	101,715	101,907	0,112
3 B 3	Belum Matang	100,735	100,642	100,119	100,119	100,008	100,325	100,454	100,361	99,839	99,839	99,729	100,044	0,111
3 C 1	Matang	158,991	158,879	158,399	158,316	158,034	158,524	158,547	158,435	157,957	157,874	157,593	158,081	0,281
3 C 2	Matang	161,864	161,586	161,408	161,274	161,024	161,431	161,412	161,135	160,957	160,824	160,574	160,980	0,249
3 C 3	Matang	174,294	174,741	174,344	174,115	174,094	174,318	173,807	174,253	173,857	173,629	173,608	173,831	0,021
3 D 1	Belum Matang	139,660	139,586	139,137	139,200	139,119	139,340	139,270	139,196	138,749	138,811	138,731	138,951	0,081
3 D 2	Belum Matang	125,478	125,478	125,478	125,382	125,296	125,422	125,128	125,128	125,128	125,032	124,946	125,072	0,086
3 D 3	Belum Matang	142,474	142,368	142,881	142,107	142,088	142,384	142,076	141,970	142,482	141,710	141,691	141,986	0,019
3 E 1	Belum Matang	112,367	112,240	112,107	113,040	113,023	112,555	112,053	111,927	111,794	112,724	112,707	112,241	0,017
3 E 2	Belum Matang	117,810	117,896	117,158	117,107	117,006	117,395	117,481	117,567	116,831	116,780	116,679	117,068	0,101
3 E 3	Belum Matang	113,316	113,879	113,277	113,086	113,024	113,316	113,000	113,561	112,961	112,770	112,708	113,000	0,062
4 A 1	Matang	166,231	166,368	166,159	166,040	166,024	166,164	165,767	165,903	165,695	165,576	165,560	165,700	0,016
4 A 2	Matang	168,688	168,646	168,408	168,652	168,408	168,560	168,217	168,175	167,938	168,181	167,938	168,090	0,243
4 A 3	Matang	169,879	169,686	169,563	169,286	169,119	169,507	169,405	169,212	169,090	168,813	168,647	169,033	0,167

4 B 1	Belum Matang	137,675	137,277	137,474	137,130	137,107	137,333	137,291	136,894	137,090	136,747	136,724	136,949	0,023
4 B 2	Belum Matang	141,881	141,107	141,088	141,039	141,020	141,227	141,485	140,713	140,694	140,645	140,626	140,833	0,019
4 B 3	Belum Matang	143,971	143,623	143,881	143,730	143,623	143,766	143,569	143,222	143,479	143,329	143,222	143,364	0,107
4 C 1	Matang	250,575	250,140	250,791	250,286	250,146	250,388	249,875	249,442	250,091	249,587	249,448	249,688	0,140
4 C 2	Matang	253,950	253,400	253,160	253,800	253,715	253,605	253,241	252,692	252,453	253,091	253,007	252,897	0,085
4 C 3	Matang	256,902	256,718	256,776	256,727	256,718	256,768	256,185	256,001	256,059	256,010	256,001	256,051	0,009
4 D 1	Matang	180,946	180,914	180,608	180,291	180,119	180,576	180,441	180,409	180,104	179,788	179,616	180,071	0,172
4 D 2	Matang	182,832	182,382	182,382	182,368	182,023	182,397	182,321	181,873	181,873	181,859	181,515	181,888	0,344
4 D 3	Matang	182,730	182,586	182,480	182,237	182,169	182,440	182,220	182,076	181,970	181,728	181,660	181,931	0,068
4 E 1	Belum Matang	155,400	155,586	155,586	155,368	155,316	155,451	154,966	155,152	155,152	154,934	154,882	155,017	0,052
4 E 2	Matang	158,881	158,881	158,686	158,686	158,231	158,673	158,437	158,437	158,243	158,243	157,789	158,230	0,454
4 E 3	Matang	160,130	160,316	160,688	160,688	160,616	160,488	159,683	159,868	160,239	160,239	160,168	160,039	0,072
5 A 1	Matang	250,250	250,935	250,656	250,718	250,696	250,651	249,551	250,234	249,956	250,018	249,996	249,951	0,022
5 A 2	Matang	263,131	263,725	263,718	263,144	263,100	263,364	262,396	262,989	262,982	262,409	262,365	262,628	0,044
5 A 3	Matang	266,693	266,651	266,520	266,371	266,144	266,476	265,948	265,906	265,776	265,627	265,401	265,732	0,226
5 B 1	Matang	225,635	225,530	225,565	225,754	225,651	225,627	225,005	224,900	224,935	225,124	225,021	224,997	0,103
5 B 2	Matang	225,950	225,480	225,471	225,480	225,471	225,570	225,319	224,850	224,841	224,850	224,841	224,941	0,009
5 B 3	Matang	236,696	236,131	236,408	236,400	236,385	236,404	236,035	235,472	235,748	235,740	235,725	235,744	0,015
5 C 1	Matang	313,211	313,320	313,277	313,061	313,034	313,181	312,336	312,445	312,402	312,187	312,160	312,306	0,027
5 C 2	Matang	318,776	318,114	318,114	318,243	318,111	318,272	317,886	317,226	317,226	317,354	317,223	317,383	0,132
5 C 3	Matang	328,558	328,520	328,575	328,427	328,340	328,484	327,641	327,603	327,658	327,510	327,423	327,567	0,087
5 D 1	Matang	288,717	288,656	288,471	288,776	288,727	288,669	287,911	287,850	287,666	287,970	287,921	287,863	0,049

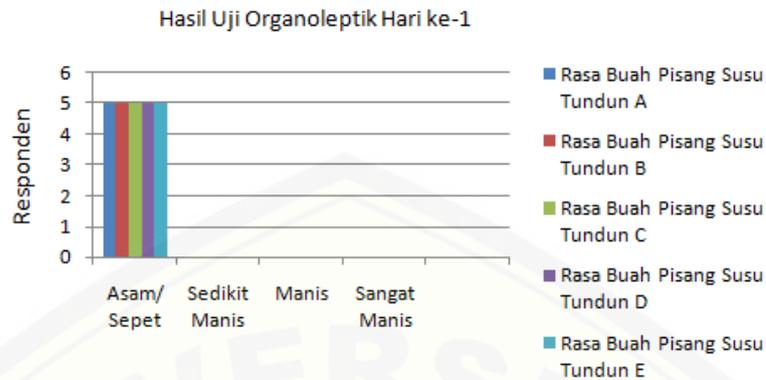
5 D 2	Matang	284,371	284,144	284,371	284,651	284,558	284,419	283,577	283,351	283,577	283,856	283,763	283,625	0,093
5 D 3	Matang	292,243	292,923	292,718	292,693	292,520	292,619	291,427	292,105	291,901	291,876	291,703	291,802	0,173
5 E 1	Matang	228,704	228,500	228,480	228,024	228,006	228,343	228,065	227,862	227,842	227,387	227,369	227,705	0,018
5 E 2	Matang	239,791	239,749	239,274	239,212	239,184	239,442	239,121	239,080	238,606	238,544	238,516	238,773	0,028
5 E 3	Matang	239,563	239,400	239,196	239,133	239,119	239,282	238,894	238,732	238,528	238,465	238,451	238,614	0,014
6 A 1	Matang	328,964	328,700	328,579	328,284	328,174	328,540	328,045	327,782	327,662	327,367	327,258	327,623	0,110
6 A 2	Matang	354,778	354,700	354,641	354,390	354,325	354,567	353,787	353,710	353,651	353,400	353,336	353,577	0,065
6 A 3	Matang	360,286	360,187	360,100	360,062	360,024	360,132	359,280	359,181	359,095	359,057	359,019	359,126	0,038
6 B 1	Matang	241,866	241,700	241,320	241,483	241,463	241,566	241,191	241,025	240,646	240,809	240,789	240,892	0,020
6 B 2	Matang	241,960	241,612	241,176	241,053	241,011	241,362	241,284	240,937	240,503	240,380	240,338	240,688	0,042
6 B 3	Matang	241,408	241,275	241,770	241,576	241,536	241,513	240,734	240,601	241,095	240,901	240,862	240,839	0,040
6 C 1	Matang	466,382	466,866	466,635	466,773	466,754	466,682	465,080	465,562	465,332	465,470	465,451	465,379	0,019
6 C 2	Matang	466,340	466,463	466,297	466,062	466,048	466,242	465,038	465,161	464,995	464,761	464,747	464,940	0,014
6 C 3	Matang	466,848	466,717	466,280	466,978	466,872	466,739	465,544	465,414	464,978	465,674	465,568	465,436	0,106
6 D 1	Matang	392,115	392,848	392,280	392,978	392,902	392,625	391,020	391,751	391,185	391,881	391,805	391,528	0,076
6 D 2	Matang	399,904	399,817	399,817	399,575	399,440	399,711	398,787	398,701	398,701	398,459	398,325	398,595	0,135
6 D 3	Matang	414,978	414,960	414,798	414,062	414,029	414,565	413,819	413,801	413,640	412,906	412,873	413,408	0,033
6 E 1	Matang	328,239	328,471	328,656	328,061	328,040	328,293	327,322	327,554	327,738	327,145	327,124	327,377	0,021
6 E 2	Matang	333,480	333,696	333,935	333,800	333,727	333,728	332,549	332,764	333,003	332,868	332,795	332,796	0,073
6 E 3	Matang	343,902	343,776	343,718	343,800	343,776	343,794	342,942	342,816	342,758	342,840	342,816	342,834	0,024
7 A 1	Matang	466,325	466,280	466,743	466,297	466,280	466,385	465,023	464,978	465,440	464,995	464,978	465,083	0,017
7 A 2	Matang	508,960	508,848	508,560	508,030	508,029	508,485	507,539	507,427	507,140	506,611	506,610	507,066	0,001
7 A 3	Matang	532,602	532,560	532,351	532,381	532,250	532,429	531,115	531,073	530,865	530,894	530,764	530,942	0,131
7 B 1	Matang	323,966	323,773	323,926	323,460	323,340	323,693	323,061	322,869	323,022	322,557	322,437	322,789	0,120

7 B 2	Matang	354,935	354,800	354,575	354,463	354,239	354,602	353,944	353,809	353,585	353,473	353,250	353,612	0,223
7 B 3	Matang	360,278	360,297	360,034	360,923	360,520	360,410	359,272	359,291	359,029	359,915	359,513	359,404	0,402
7 C 1	Matang	734,939	734,273	734,133	734,567	734,563	734,495	732,887	732,223	732,083	732,516	732,512	732,444	0,004
7 C 2	Matang	869,351	869,934	869,649	869,080	869,035	869,410	866,924	867,505	867,221	866,653	866,608	866,982	0,045
7 C 3	Matang	903,914	903,714	903,714	903,073	903,040	903,491	901,390	901,191	901,191	900,551	900,519	900,968	0,033
7 D 1	Matang	586,864	586,872	586,999	586,735	586,400	586,774	585,225	585,233	585,360	585,097	584,763	585,136	0,334
7 D 2	Matang	617,035	617,073	617,547	617,080	617,073	617,162	615,312	615,350	615,823	615,357	615,350	615,438	0,007
7 D 3	Matang	601,649	601,359	601,160	601,400	601,359	601,385	599,969	599,680	599,481	599,721	599,680	599,706	0,041
7 E 1	Matang	439,714	439,872	439,560	439,280	439,032	439,492	438,486	438,644	438,333	438,053	437,806	438,264	0,247
7 E 2	Matang	497,916	497,596	497,934	497,783	497,680	497,782	496,526	496,207	496,544	496,393	496,290	496,392	0,103
7 E 3	Matang	519,360	519,160	519,916	519,360	519,326	519,424	517,910	517,710	518,464	517,910	517,876	517,974	0,034
8 A 1	Matang	758,813	758,925	758,670	758,848	758,840	758,819	756,694	756,806	756,552	756,729	756,721	756,700	0,008
8 A 2	Matang	783,649	783,160	783,547	783,400	783,288	783,409	781,461	780,973	781,359	781,213	781,101	781,221	0,112
8 A 3	Matang	810,250	810,359	810,035	810,400	810,115	810,232	807,988	808,096	807,773	808,137	807,853	807,969	0,284
8 B 1	Matang	598,585	598,130	598,879	598,288	598,035	598,383	596,914	596,460	597,207	596,617	596,365	596,713	0,252
8 B 2	Matang	607,714	607,980	607,140	607,649	607,360	607,569	606,017	606,282	605,445	605,952	605,664	605,872	0,288
8 B 3	Matang	611,400	611,381	611,360	611,073	611,040	611,251	609,693	609,674	609,653	609,367	609,334	609,544	0,033
8 C 1	Matang	977,174	977,951	977,520	977,656	977,140	977,488	974,446	975,220	974,791	974,926	974,412	974,759	0,515
8 C 2	Matang	977,782	977,196	977,247	977,406	977,123	977,351	975,052	974,467	974,518	974,677	974,395	974,622	0,282
8 C 3	Matang	977,564	977,751	977,868	977,258	977,242	977,537	974,834	975,021	975,138	974,529	974,513	974,807	0,016
8 D 1	Matang	869,585	869,130	869,879	869,879	869,714	869,637	867,157	866,703	867,450	867,450	867,286	867,209	0,165
8 D 2	Matang	938,980	938,814	938,649	938,080	938,060	938,517	936,358	936,193	936,028	935,461	935,441	935,896	0,020
8 D 3	Matang	938,400	938,381	938,360	938,073	938,040	938,251	935,780	935,761	935,740	935,454	935,421	935,631	0,033
8 E 1	Matang	741,362	741,180	741,467	741,451	741,395	741,371	739,292	739,110	739,397	739,381	739,325	739,301	0,056

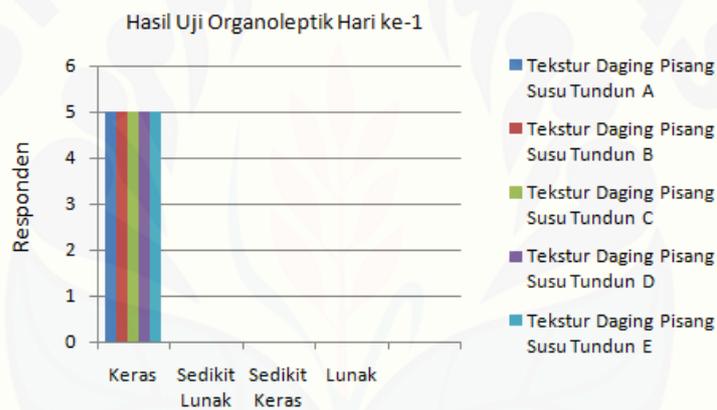
8 E 2	Matang	741,517	741,543	741,578	741,706	741,650	741,599	739,447	739,472	739,507	739,635	739,579	739,528	0,056
8 E 3	Matang	741,735	741,755	741,726	741,866	741,825	741,781	739,664	739,684	739,655	739,795	739,754	739,710	0,041



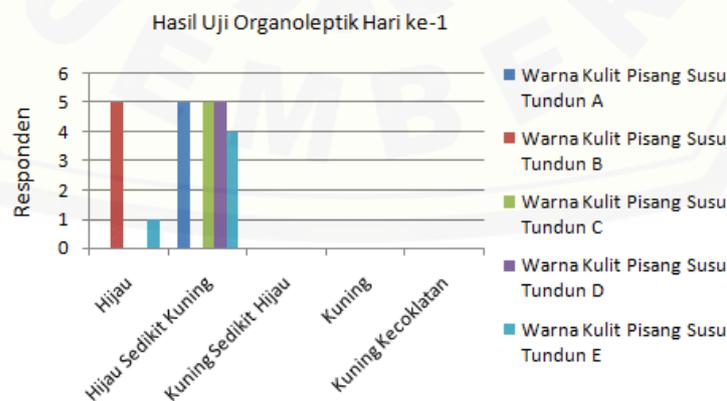
LAMPIRAN E. GRAFIK HASIL UJI ORGANOLEPTIK



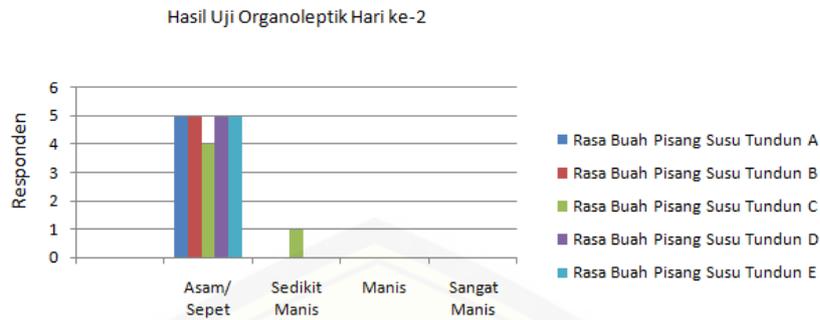
Gambar E.1 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari pertama



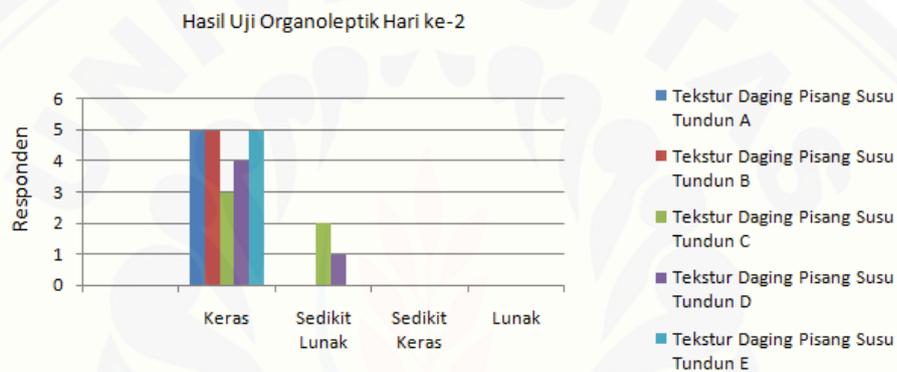
Gambar E.2 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari pertama



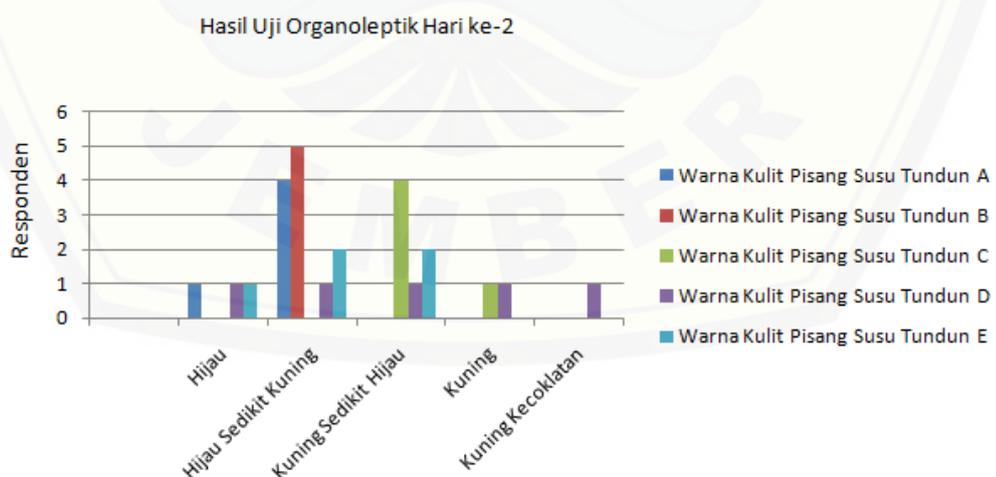
Gambar E.3 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari pertama



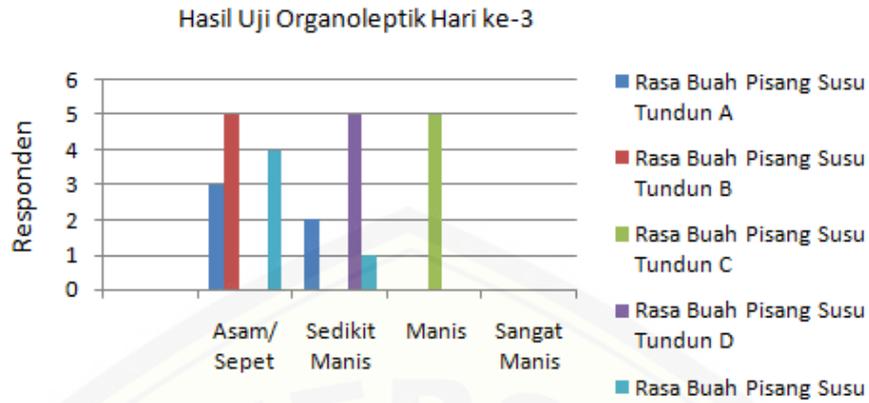
Gambar E.4 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari kedua



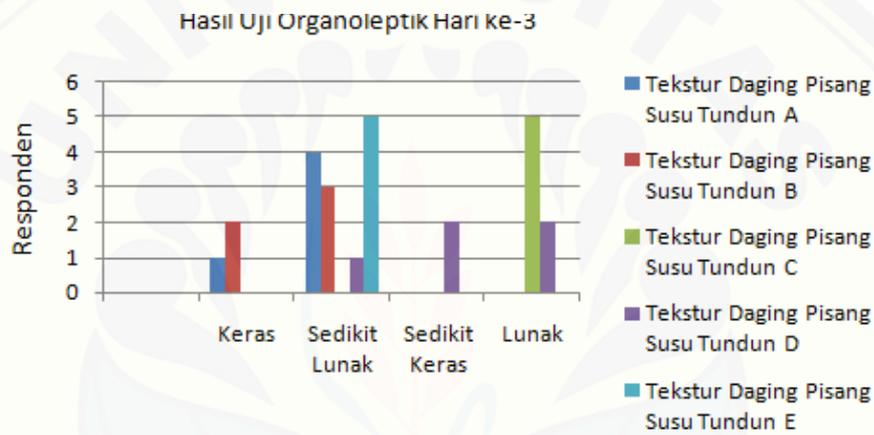
Gambar E.5 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari kedua



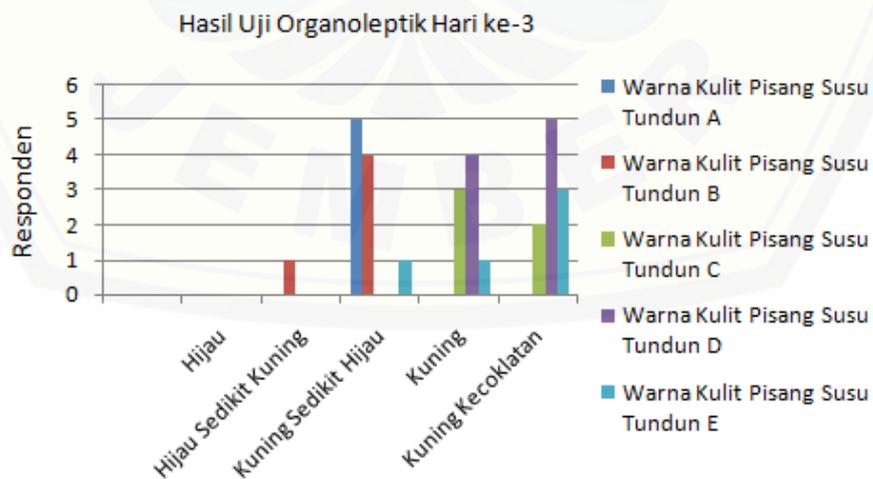
Gambar E.6 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari kedua



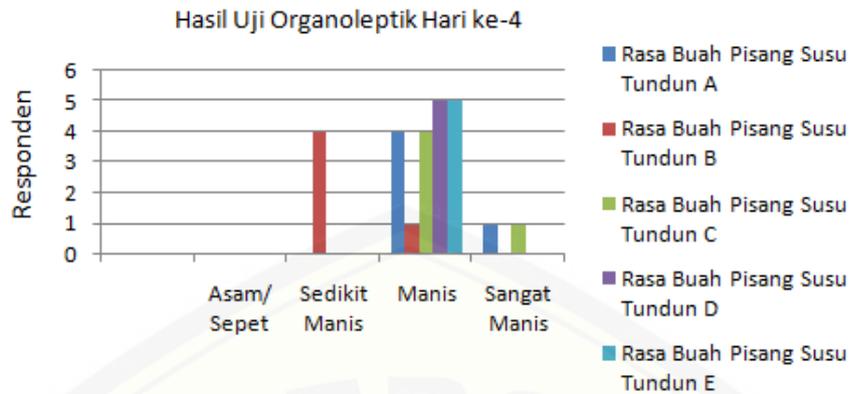
Gambar E.7 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari ketiga



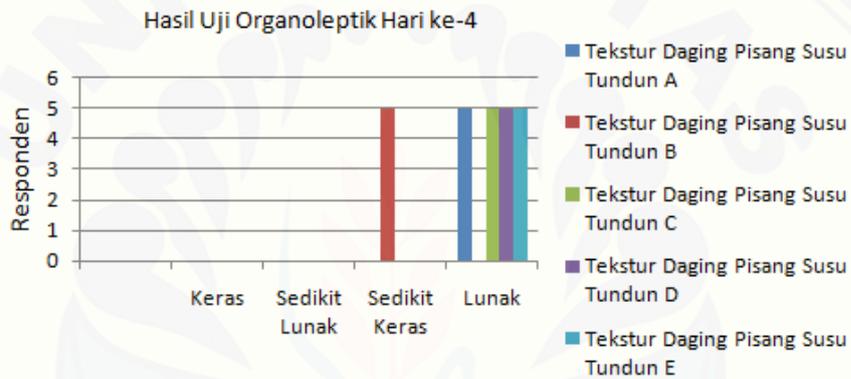
Gambar E.8 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari ketiga



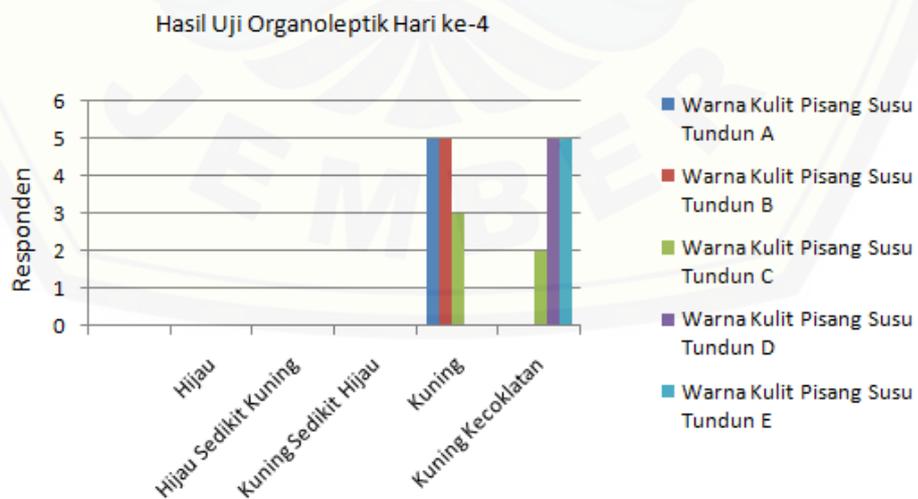
Gambar E.9 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari ketiga



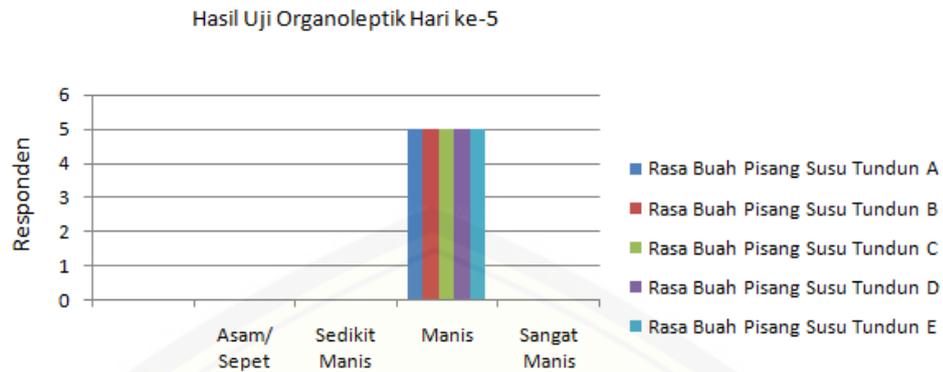
Gambar E.10 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari keempat



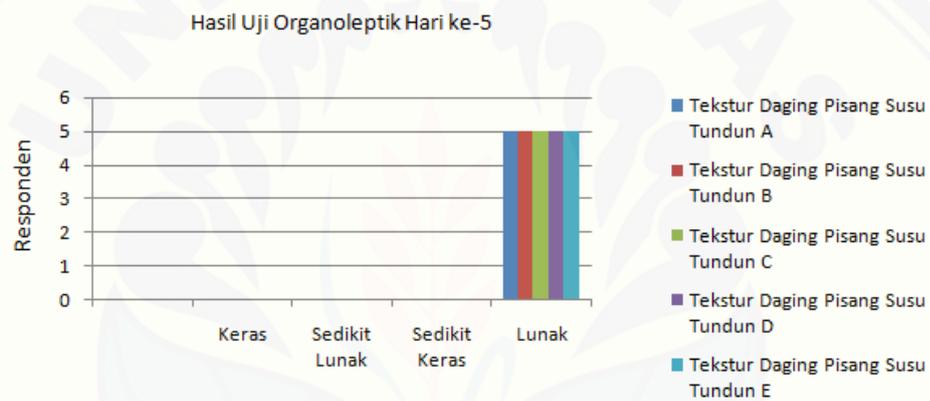
Gambar E.11 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari keempat



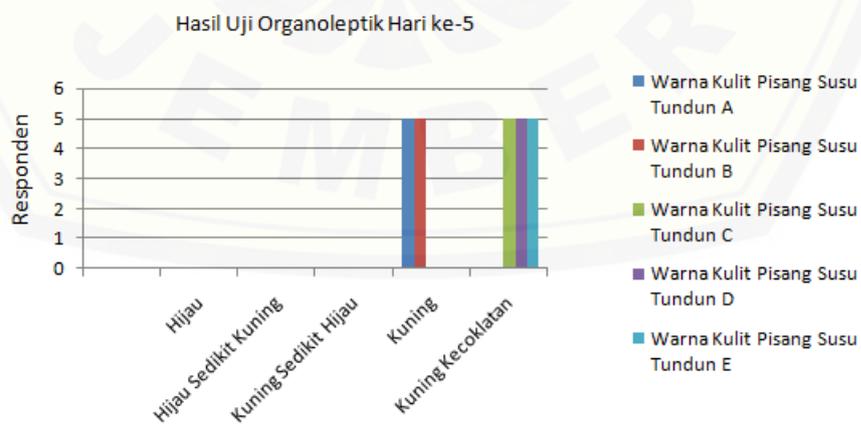
Gambar E.12 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari keempat



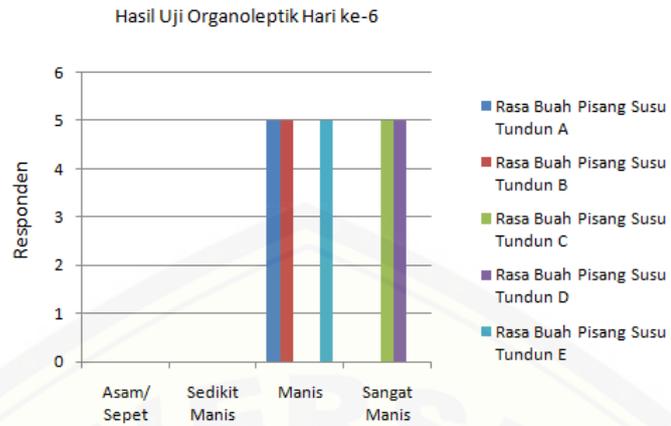
Gambar E.13 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari kelima



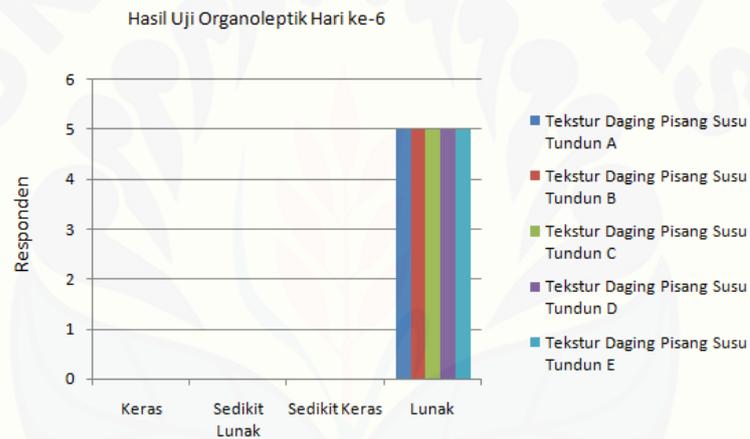
Gambar E.14 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari kelima



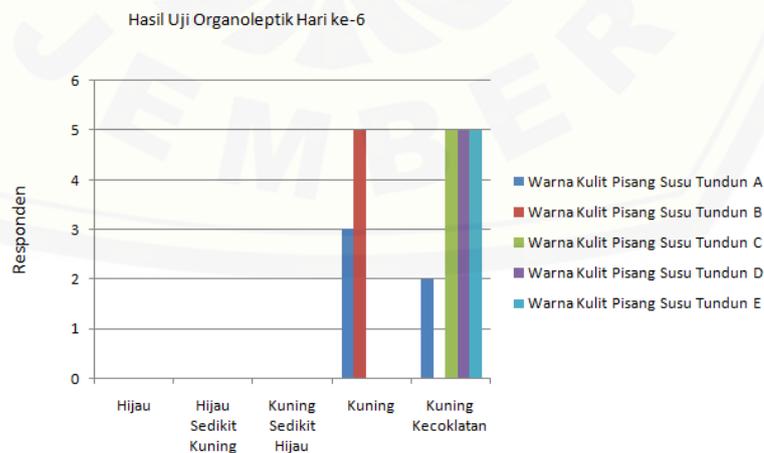
Gambar E.15 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari kelima



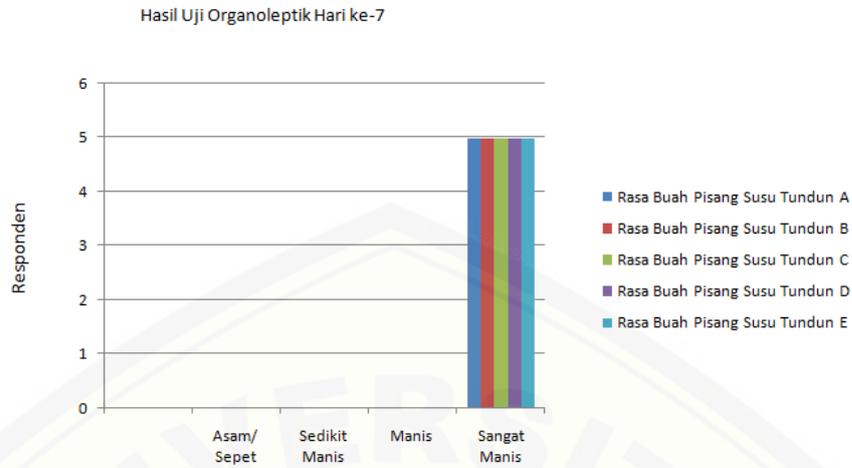
Gambar E.16 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari keenam



Gambar E.17 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari keenam



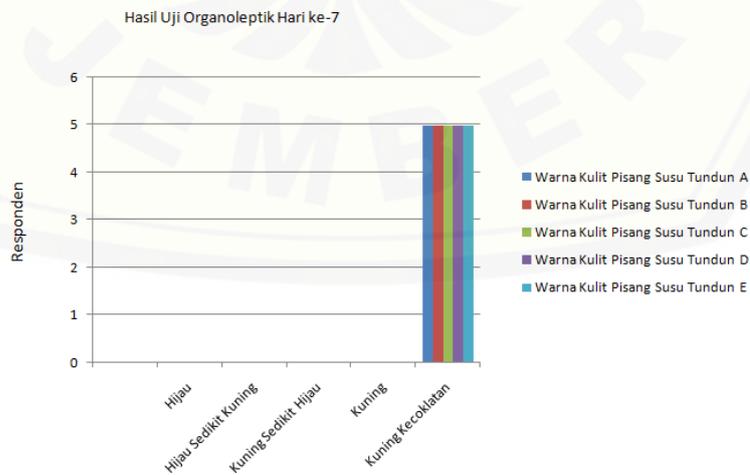
Gambar E.18 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari keenam



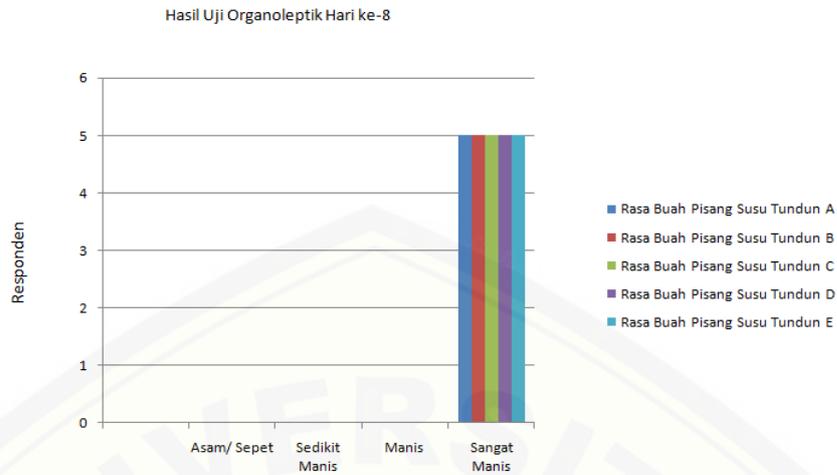
Gambar E.19 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari ketujuh



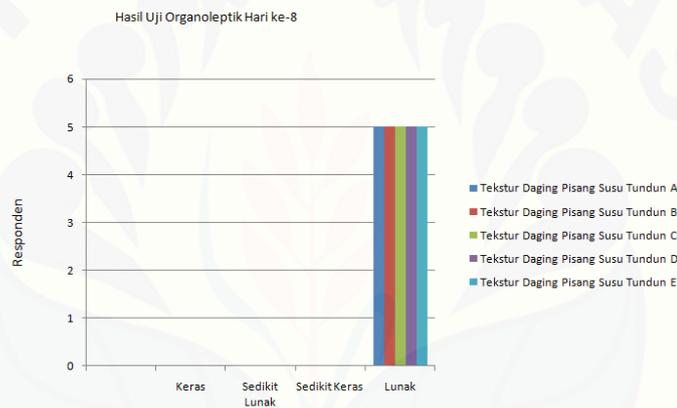
Gambar E.20 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari ketujuh



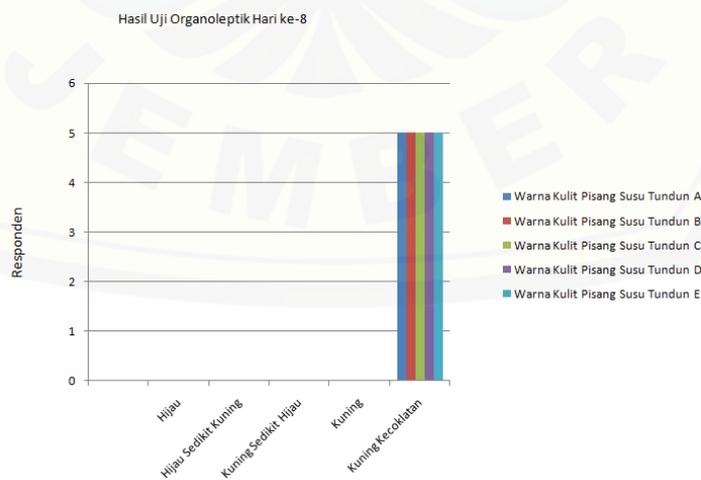
Gambar E.21 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari ketujuh



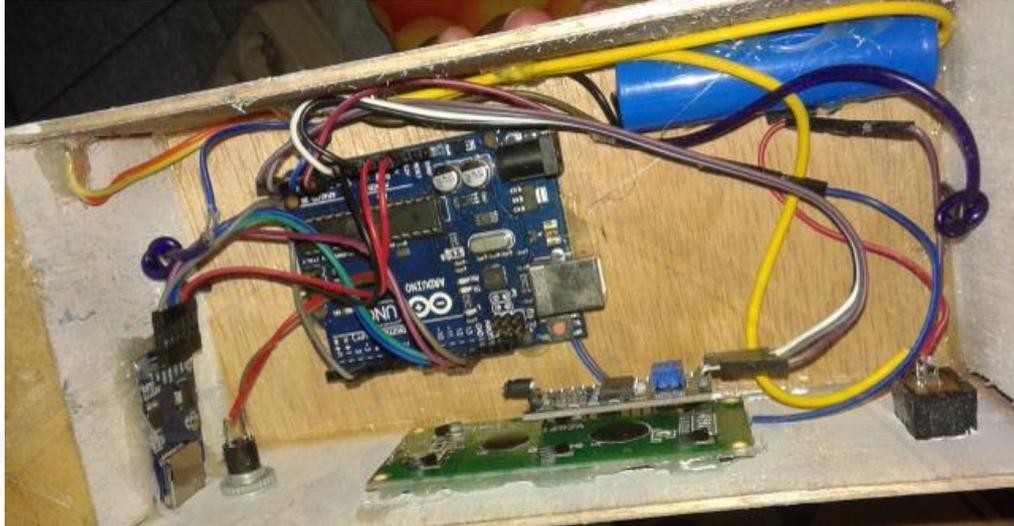
Gambar E.22 Grafik Hasil uji organoleptik rasa buah pisang susu hari kedelapan



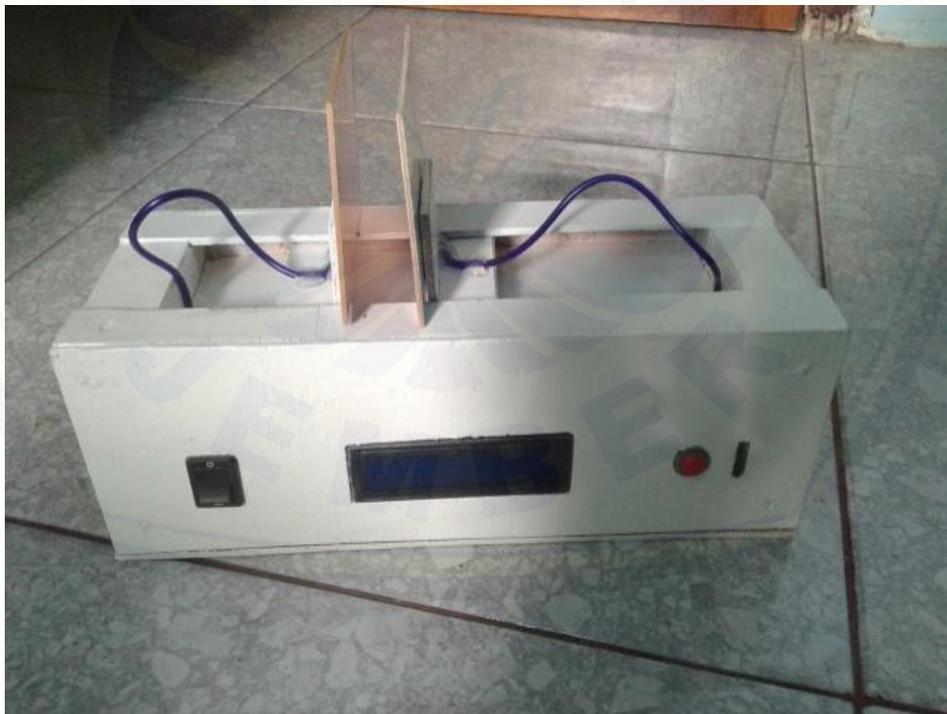
Gambar E.23 Grafik Hasil uji organoleptik tekstur daging buah pisang susu hari kedelapan



Gambar E.24 Grafik Hasil uji organoleptik warna kulit buah pisang susu hari kedelapan

**LAMPIRAN F. FOTO KEGIATAN PENELITIAN**

Gambar F.1 Rangkaian sistem alat kapasitansi meter berbasis Arduino Uno



Gambar F.2 Rangkaian sistem alat kapasitansi meter berbasis Arduino Uno dengan sensor kapasitor



Gambar F.3 Pengujian LCD sistem alat kapasitansi meter berbasis Arduino



Gambar F.4 Pengujian sensor kapasitor



Gambar F.5 Pemilihan pisang susu mentah di pedagang pisang



Gambar F.6 Sampel pisang susu mentah



Gambar F.7 Sampel pisang yang mulai menguning dan akan di ukur nilai kapasitansinya



Gambar F.8 Pengukuran nilai kapasitansi buah pisang susu



Gambar F.9 Sampel pisang yang sudah diukur nilai kapasitansinya dan akan di uji organoleptik



Gambar F.10 Uji organoleptik ke para panelis



Gambar F.11 Uji organoleptik ke para panelis



Gambar F.12 Sampel pisang yang mulai membusuk