



**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR GULA BERBASIS KAPASITANSI
DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

SKRIPSI

Oleh

Putri Purnamasari

NIM 111810201013

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2017



**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR GULA BERBASIS
KAPASITANSI DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Putri Purnamasari

NIM 111810201013

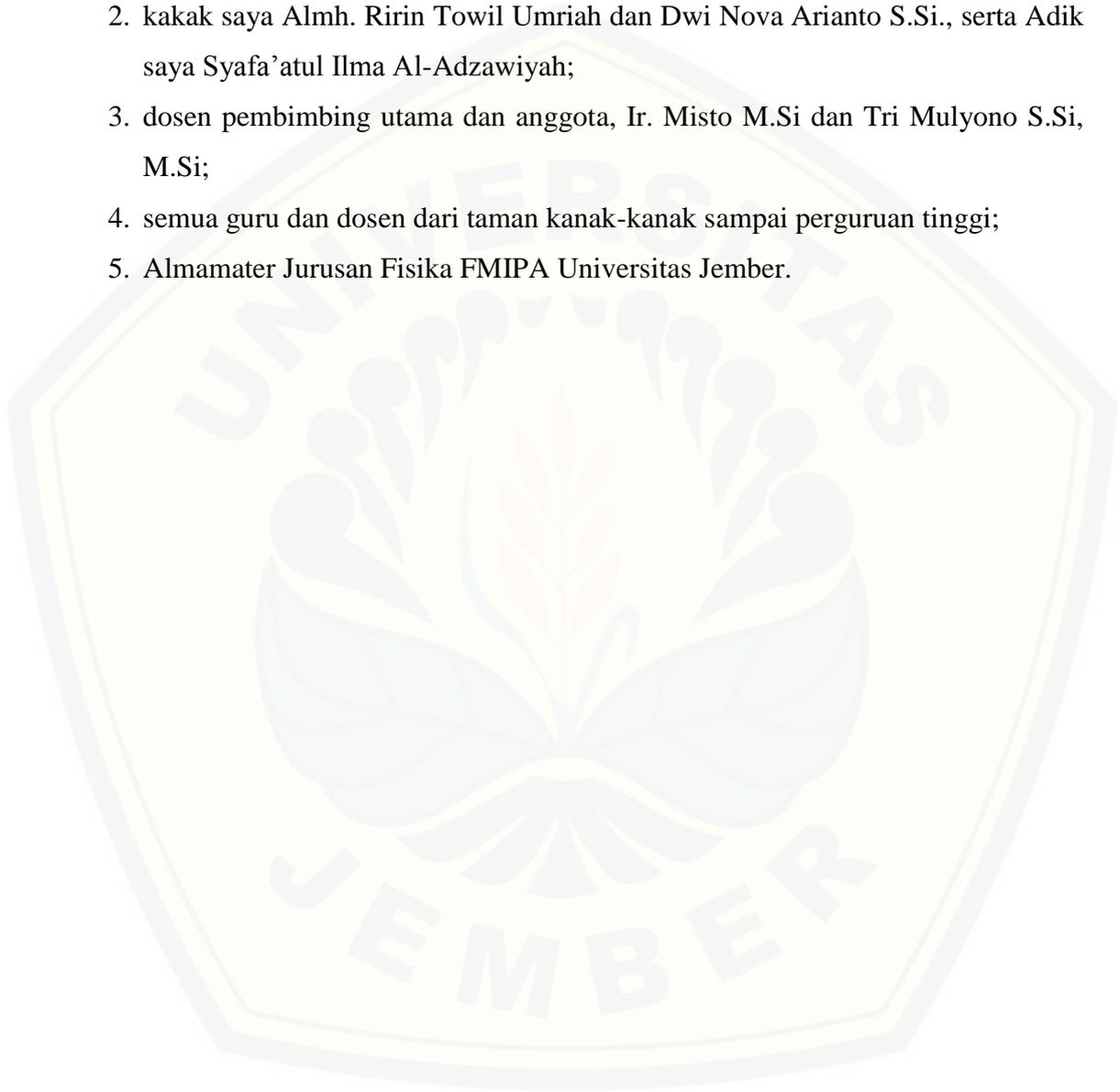
**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. kedua orang tua tercinta Bapak Saturi dan Ibu Siti Rumilah;
2. kakak saya Almh. Ririn Towil Umriah dan Dwi Nova Arianto S.Si., serta Adik saya Syafa'atul Ilma Al-Adzawiyah;
3. dosen pembimbing utama dan anggota, Ir. Misto M.Si dan Tri Mulyono S.Si, M.Si;
4. semua guru dan dosen dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi;
5. Almamater Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.



MOTTO

Bahwa tiada yang orang dapatkan, kecuali yang ia usahakan, dan bahwa usahanya akan kelihatan nantinya.

(terjemahan QS. An-Najm : 39-40)*)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Putri Purnamasari

NIM : 111810201013

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Arduino UNO” adalah benar-benar hasil karya ilmiah 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 sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

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

Jember, Mei 2017

Yang Menyatakan,

Putri Purnamasari

NIM 111810201013

SKRIPSI

**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR GULA BERBASIS
KAPASITANSI DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

Oleh

Putri Purnamasari

NIM 111810201013

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Arduino Uno ”, karya Putri Purnamasari telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua

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

Anggota II

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si.,
M.Phill., Ph.D.
NIP 19681219 199402 1 001

Anggota I

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP 19681020 199802 1 002

Anggota III

Endhah Purwandari, S.Si.,
M.Si.
NIP 19811111 200501 2 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas MIPA,

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

RINGKASAN

Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Modul Arduino Uno; Putri Purnamasari, 111810201013; 2017: 67 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gula merupakan salah satu komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah, karena gula merupakan kebutuhan pokok, maka dinamika harga gula mempunyai pengaruh langsung terhadap laju inflasi. Selain menunjang laju inflasi gula juga menjadi bahan baku bagi industri dalam produksi makanan dan minuman.

Penggunaan gula dalam pembuatan makanan dan minuman sangat berpotensi sebagai penambah cita rasa dan bahan pengawet. Pada industri makanan dan minuman, pengukuran kadar gula merupakan suatu hal yang penting dalam menentukan takaran yang tepat, sehingga diperlukan alat ukur kadar gula untuk mengetahui batasan-batasan penggunaan kadar gula yang diinginkan. Gula juga bisa dalam bentuk larutan maupun padatan dimana, larutan gula merupakan larutan non elektrolit yang dilarutkan kedalam air tidak terurai menjadi ion (tidak terionisasi).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar gula dari sukrosa dengan memanfaatkan sensor kapasitansi yang berupa dua plat PCB yang berbahan tembaga disusun secara sejajar, modul Arduino UNO yang digunakan untuk mengolah data dan mengatur kerja sistem keseluruhan, serta LCD digunakan sebagai penampil data hasil pengukuran kadar gula berupa nilai kapasitansi dan prosentase konsentrasi gula. Sedangkan objek pengukuran yang digunakan adalah sukrosa. Sebagai data pembanding digunakan refraktometer digital.

Hasil penelitian menunjukkan nilai dielektrik menurun sering dengan kenaikan tingkatan nilai variasi konsentrasi larutan gula. Dimana, larutan gula merupakan larutan non elektrolit yang terdiri atas zat-zat non elektrolit yang dilarutkan ke dalam air tidak terurai menjadi ion (tidak terionisasi) yang berupa molekul yang tidak bermuatan listrik. Setelah hasil nilai konstanta dielektrik diperoleh setiap tingkatan variasi konsentrasi akan dijadikan model grafik. Dari grafik akan muncul nilai persamaan regresi yang menghasilkan rumus kadar gula yang akan ditanamkan kedalam program. Proses tersebut akan menghasilkan nilai prosentase konsentrasi gula dari objek pengukuran (sukrosa) pada sistem.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa pengukuran prosentase konsentrasi gula pada kapasitansimeter Arduino UNO tidak mengalami penyimpangan terlalu besar. Nilai akurasi yang didapatkan tidak melebihi batas toleransi yaitu akurasi tertinggi sebesar 14,33% pada konsentrasi gula 6% sedangkan nilai presisi tertinggi pada konsentrasi gula 21% sebesar 1,14. Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa rangkaian kapasitansimeter Arduino UNO yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik untuk diaplikasikan dalam pengukuran kadar gula.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Arduino Uno”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini telah mendapatkan pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Misto., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D., selaku Dosen Penguji Utama dan Endhah Purwandari, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa.
4. Ketua Laboratorium dan teknisi Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang telah memberi izin atas semua peminjaman alat penelitian hingga sampai terselesaikannya penelitian dalam skripsi;
5. keluarga dirumah yang selalu senantiasa memberikan doa dan semangat;
6. Nurul Arifin S.Sos yang selalu memberi motivasi, bantuan dan dukungan serta selalu sabar mendengarkan keluh kesah pada saat penulisan skripsi ini;
7. semua teman-teman Gp-11 (*Gold-Physics* 2011) yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini;
8. teman-teman kumpul Indah, Clara, Helmi, Judhik, Dhika dan Eko serta teman-teman kost nias 20 Ima, Devi, Mbak Indah, Mbak Evi, wulan, Nurul dan Fitri yang selalu menjadi penghibur disaat lelah;

9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tebu	5
2.2 Gula	6
2.3 Kapasitor.....	8
2.4 Konstanta Dielektrik	16
2.5 Lyquid Cristal Display (LCD).....	20
2.6 Arduino Uno	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Tempat dan Waktu	30
3.2 Alat dan Bahan	30
3.2.1 Alat Penelitian	30
3.2.2 Bahan Penelitian	31
3.3 Rancangan Penelitian	32
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	32
3.4 Desain Penelitian	33
3.5 Prosedur Penelitian	36
3.6 Analisis Data	38

3.6.1 Penentuan Keakurasian Alat	39
3.6.2 Penentuan Kepresisian Alat	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Desain Rangkaian Kapasitansimeter Berbasis Arduino UNO ..	40
4.1.1 Rangkaian Sensor Kapasitansi	40
4.1.2 Rangkaian LCD	41
4.1.3 Rangkaian Sistem Alat Kapasitansimeter	41
4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Kapasitansi	43
4.3 Hasil Pengujian Rangkaian LCD.....	45
4.4 Hasil Pengujian Rangkaian Kapasitansimeter Arduino Uno	46
4.5 Hasil Pengukuran Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Gula....	49
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi gula pasir (sukrosa)	7
2.2 Nilai konstanta dielektrik (κ) untuk beberapa bahan dielektrik	20
2.3 Karakteristik Arduino UNO	26
4.1 Hasil pengujian sensor kapasitansi dengan menggunakan kapasitansimeter CM8601A ⁺	44
4.2 Hasil pengujian kapasitor menggunakan kapasitansimeter CM8601A ⁺ dan kapasitansimeter Arduino Uno	48
4.3 Persamaan regresi linier dan nilai koefisien determinasi grafik hubungan nilai konstanta dielektrik terhadap konsentrasi larutan sukrosa pada <i>range</i> 0%-6%	51
4.4 Persamaan regresi linier dan nilai koefisien determinasi grafik hubungan nilai konstanta dielektrik terhadap konsentrasi larutan sukrosa pada <i>range</i> 9%-18%	52
4.5 Persamaan regresi linier dan nilai koefisien determinasi grafik hubungan nilai konstanta dielektrik terhadap konsentrasi larutan sukrosa pada <i>range</i> 21%-30%	53
4.6 Hasil pengukuran konsentrasi gula dengan menggunakan perhitungan matematis, rangkaian kapasitansimeter Arduino Uno dan refraktometer digital.....	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Garis gaya dari dua buah plat terisolasi yang sama besar dan berlawanan tanda 8
2.2	Kapasitor plat sejajar 9
2.3	Medan listrik antara dua plat kapasitor 10
2.4	Pengisian dan pengosongan muatan 13
2.5	Perubahan tegangan kapasitor terhadap waktu 14
2.6	Rangkaian pembagi tegangan sumber DC 16
2.7	Potensial listrik diantara plat kapasitor ketika (a) tidak disisipi dan (b) disisipi suatu bahan dielektrik 17
2.8	Polarisasi bahan dielektrik untuk (a) molekul polar, dan (b) molekul non polar yang diakibatkan oleh adanya medan listrik luar 18
2.9	Permukaan induksi muatan pada bahan dielektrik 19
2.10	LCD 16x2 21
2.11	Bentuk modul Arduino UNO 25
2.12	<i>Software</i> Arduino UNO 1.6.5 28
3.1	Diagram alir penelitian 32
3.2	Desain penelitian pengukuran kadar gula 33
3.3	Rangkaian sensor kapasitansi yang digunakan 34
4.1	Skema rangkaian sensor kapasitansi 40
4.2	Skema rangkaian LCD 41
4.3	Skema rangkaian sistem kapasitansimeter secara keseluruhan 42
4.4	Hasil uji sensor kapasitansi pada bahan dielektrik udara 45
4.5	<i>Compiling script</i> pada pembacaan LCD 45
4.6	Tampilan pada LCD 46
4.7	<i>Compiling script</i> pengukuran kapasitansi dan konstanta dielektrik 47
4.8	Hasil pengujian nilai kapasitansi pada kapasitor (a) kapasitansimeter Arduino Uno (b) kapasitansimeter CM8601A ⁺ 49

4.9	Pengukuran nilai dielektrik larutan gula menggunakan sistem alat kapasitansimeter Arduino Uno yang dilengkapi sensor kapasitansi.....	50
4.10	Grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap konstanta dielektrik pada <i>range</i> 0%-6%	51
4.11	Grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap konstanta dielektrik pada <i>range</i> 9%-18%	52
4.12	Grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap konstanta dielektrik pada <i>range</i> 21%-30%	53
4.13	Grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap konstanta dielektrik.....	54
4.14	Pengukuran prosentase konsentrasi gula dengan menggunakan kapasitansimeter Arduino Uno	56
4.15	Grafik perbandingan pembacaan konsentrasi larutan gula menggunakan perhitungan matematis, kapasitansimeter Arduino UNO dan refraktometer digital	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Hasil pengujian sistem alat kapasitansimeter Arduino UNO	68
B. Data hasil pengukuran dielektrik dan prosentase konsentrasi gula	70



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, konsumsi terhadap gula menjadi hal yang sangat umum terjadi di masyarakat. Gula merupakan salah satu komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Menurut Mutmainnah *et al.*, (2014) gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah, karena merupakan kebutuhan pokok, maka dinamika harga gula mempunyai pengaruh langsung terhadap laju inflasi. Selain menunjang laju inflasi gula juga menjadi bahan baku bagi industri dalam produksi makanan dan minuman. Dimana, gula juga sudah menjadi sangat penting karena gula mengandung kalori yang bermanfaat bagi tubuh kita. Fungsi gula salah satunya yaitu sebagai penghasil energi dalam tubuh. Akan tetapi, pengkonsumsian gula yang berlebih akan menimbulkan penyakit *Diabetes Militus* yang lebih sering dikenal dengan kencing manis.

Penggunaan gula dalam pembuatan makanan dan minuman sangat berpotensi sebagai penambah cita rasa dan bahan pengawet (Maryana, 2014). Pada industri makanan dan minuman, pengukuran kadar gula merupakan suatu hal yang penting dalam menentukan takaran yang tepat, sehingga diperlukan alat ukur kadar gula untuk mengetahui batasan-batasan penggunaan kadar gula yang diinginkan. Gula juga bisa dalam bentuk larutan maupun padatan, dimana larutan terbagi atas larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Dalam ilmu kimia, gula merupakan larutan non elektrolit yang dilarutkan kedalam air tidak terurai menjadi ion (tidak terionisasi). Dalam larutan, gula tetap molekul yang tidak bermuatan listrik (Chang, 2003).

Beberapa penelitian yang terkait pengukuran kadar gula diantaranya adalah penentuan kadar gula dalam larutan gula menggunakan sensor kapasitor interdigital yang dikembangkan oleh Angkawisittpan *et al.*, (2012) yang terdiri dari sebuah generator gelombang sinus, resistor, dan sensor kapasitor interdigital

yang menggunakan prinsip *high pass filter* (tapis lolos tinggi). Penelitian tersebut menunjukkan sistem yang dikembangkan memiliki potensi yang besar untuk menentukan kandungan gula dalam larutan gula dengan menggunakan sistem elektronik murah yang berbasis mikrokontroler. Penelitian berikutnya juga menggunakan metode sensor kapasitor dilakukan oleh Songgrod *et al.*, (2015) dalam penentuan air yang ditambahkan dalam susu mentah dengan menggunakan sensor kapasitor interdigital yang bertujuan untuk mengukur konduktivitas listriknya. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa frekuensi yang sesuai dengan sumber tegangan sistem alat antara 1 kHz – 10 kHz dan hasil yang diperoleh dari nilai kapasitansi susu mentah dengan dilakukan penambahan air lebih rendah dari pada susu mentah tanpa penambahan air. Penelitian berikutnya tentang pengukuran kadar gula juga dilakukan oleh Hidayanto *et al.*, (2010) yaitu pengukuran larutan sukrosa menggunakan portable brix meter. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai indeks bias sebanding dengan konsentrasi larutan sukrosa. Beberapa metode juga banyak digunakan untuk mengukur kadar gula antara lain metode *refractometer*, *Spectrofotometer*, *Near Infrared Reflectance (NIR)*, *polarimetric*, dan kromatografi.

Pengukuran kadar gula juga sering dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer digital. Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan yang biasa dikenal dengan indeks bias. Semakin tinggi kadar gula maka nilai indeks biasnya akan semakin tinggi sehingga refraktometer akan menunjukkan skala yang semakin besar (Zain, 2015).

Salah satu kelemahan dari penelitian sebelumnya adalah belum terintegrasinya penelitian tentang pengukuran kadar gula dengan menggunakan *Light Crystal Display (LCD)*, sehingga hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan metode lain menggunakan LCD yang lebih praktis untuk tampilan data. Berdasarkan paparan diatas, maka diperlukan alat untuk mengukur kadar gula yang berupa *prototype*. Alat yang akan dibuat memanfaatkan sensor kapasitansi yang berupa dua plat PCB yang berbahan

tembaga disusun secara sejajar, modul Arduino UNO yang digunakan untuk mengolah data dan mengatur kerja sistem secara keseluruhan, serta LCD digunakan sebagai penampil data hasil pengukuran kadar gula yang berupa nilai kapasitansi dan nilai prosentase konsentrasi gula. Selain menggunakan kapasitansimeter, pada penelitian ini juga menggunakan refraktometer digital. Penggunaan refraktometer digital bertujuan sebagai data pembanding.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang diteliti yaitu antara lain:

1. Bagaimana membuat alat ukur kadar gula berbasis kapasitansi dengan menggunakan modul Arduino UNO?
2. Bagaimana kinerja alat yang dibuat dengan meliputi keakurasian dan kepresisiannya?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan-batasan masalah yang perlu diketahui, diantaranya:

1. Suhu ketika pengukuran mengikuti suhu ruangan Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
2. Sampel gula yang digunakan pada saat penelitian adalah gula sukrosa.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan yang sudah dijelaskan pada latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Membuat alat ukur kadar gula berbasis kapasitansi dengan menggunakan modul Arduino UNO.

2. Mengetahui kinerja alat yang dibuat dengan meliputi keakurasian dan kepresisiannya.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi untuk memperkaya ilmu pengetahuan di bidang fisika khususnya dibidang instrumentasi dan diharapkan alat ukur yang dihasilkan pada penelitian ini dapat membantu mempermudah pengukuran kadar gula dan dapat meminimalkan kesalahan pengukuran kadar gula yang akan diuji. Selain itu, menjadikan sebagai landasan untuk pengembangan dibidang industri tentang alat ukur kadar gula pada larutan gula.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu

Menurut Plantamor (2012) tebu (*Saccharum officinarum* L) berdasarkan taksonomi memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Sub kingdom	: Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu/monokotil)
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (suku rumput-rumputan)
Genus	: Saccharum
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Tanaman tebu memiliki banyak macam jenis yaitu salah satu jenis tebu yang paling banyak dibudidayakan adalah *Saccharum officinarum* L karena kandungan sukrosa yang dimilikinya sangat tinggi (Sudiatso dalam Maliani, 2011).

Tanaman tebu merupakan salah satu komoditas penting untuk dijadikan bahan utama pembuatan gula (Royyani, *et al.*, 2009). Tebu juga merupakan salah satu penghasil terbesar karbohidrat, tebu sangat diperlukan dalam kehidupan sehingga kebutuhan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk (Putri *et al.*, 2013). Lahan tanaman tebu yang cukup luas menjadikan gula tebu sebagai salah satu komoditas pertanian yang telah ditetapkan Indonesia sebagai komoditas khusus dalam forum perundingan Organisasi Perdagangan Dunia (WTO), bersama beras, jagung dan kedelai (Hairuni *et al.*, 2014).

Nira merupakan cairan yang keluar dari pohon aren, lontar, sorgum maupun batang tebu serta pohon penghasil nira lainnya. Komposisi nira umumnya terdiri dari air, sukrosa, gula pereduksi, bahan organik lain dan bahan anorganik.

Kandungan air dalam nira sangat besar yaitu antara 75-90%. Sukrosa merupakan zat padat yang terdapat dalam nira dan berkisar antara 12,30 – 17,40%. Gula reduksi antara 0,50 – 1,00% dan sisanya merupakan senyawa organik serta anorganik (Apriwinda, 2013).

Salah satu produk dari nira tebu adalah gula kristal. Gula kristal berasal dari nira tebu yang dicampur dengan air imbibisi dan bahan kimia lainnya dan melalui beberapa tahap proses sehingga siap dipasarkan atau dijual. Sedangkan tetes adalah air sisa dari gula kristal setelah dilakukan pencucian antara nira kental dengan bahan kimia (Hasanah, 2013).

2.2 Gula

Departemen Pertanian memperkirakan produksi gula domestik akan mengalami peningkatan sebesar 2,9 juta metrik ton. Namun, tingkat impor gula pada tahun 2009 diprediksi akan mengalami peningkatan menjadi 1,93 juta ton. Meningkatnya impor tersebut bertujuan untuk menjaga stok gula tahun depan yang dipastikan akan mendapat tekanan dari meningkatnya permintaan konsumen lokal (Vibiznews, 2008).

Menurut Isnawati (2009) Gula merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia. Sebagian besar gula dikonsumsi oleh masyarakat sebagai sumber energi, pemberi cita rasa dan sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Gula juga merupakan salah satu bahan pangan sumber karbohidrat dan sumber energi atau tenaga yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Dalam Pedoman Pola Pangan Harapan (PPH), tercantum energi yang dianjurkan yang berasal dari gula sebesar enam persen dari total kecukupan energi atau 110 kalori per kapita per hari setara dengan 30 gram gula pasir. Selain itu, gula termasuk pemanis alami yang tidak membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi secukupnya. Menurut Koswara (2008) juga menjelaskan bahwa gula pasir atau sukrosa adalah jenis gula terbanyak di alam, diperoleh dari ekstraksi

batang tebu, umbi, nira palem, dan nira pohon maple (*Acer Saccharum*) yang banyak terdapat di Canada dan Amerika Serikat. Jenis gula ini banyak digunakan oleh rumah tangga, rumah makan, catering dan sebagainya.

Gula merupakan sukrosa, karbohidrat yang terkandung dalam setiap buah dan sayuran. Pada gula pasir mempunyai kandungan gula reduksi sebanyak 1,24% sedangkan kandungan sukrosa adalah 97,10% (Thorpe, 1974). Menurut Tranggono (1990) sukrosa mempunyai sifat sedikit higrokopis dan mudah larut dalam air semakin tinggi suhu kelarutan semakin besar pula kelarutannya. Dimana, higrokopisitas dikenal sebagai kemampuan untuk menyerap dan menahan air. Berikut merupakan komposisi kimia yang terkandung dalam sukrosa dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Komposisi gula pasir (sukrosa)

Komponen	Jumlah (%)
Kadar air	0,61
Sukrosa	97,10
Gula pereduksi	1,24
Abu	0,35
Senyawa lain	0,70

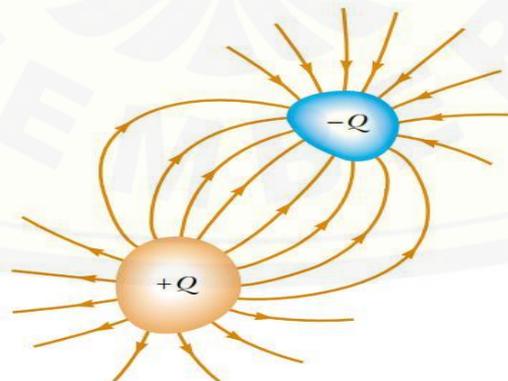
Sumber: (Kumalaningsih dan Suprayogi, 2006).

Sukrosa mempunyai peranan penting dalam pengolahan makanan. Industri makanan menggunakan sukrosa dalam bentuk kristal halus atau kasar dan dalam jumlah yang banyak sering dipergunakan dalam bentuk cairan sukrosa (sirup). Pembuatan sirup gula pasir (sukrosa) dilarutkan dalam air dan dipanaskan sebagian sukrosa akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa yang disebut gula *invert* (Winarno, 2002). Kualitas gula yang dihasilkan sangat ditentukan oleh bahan baku utamanya yaitu nira tebu (Erwinda *et al.*, 2014). Agar gula yang dihasilkan berkualitas baik, maka diperlukan permunian nira untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan menjadikannya bentuk garam yang mengendap, sehingga nira menjadi jernih (Latief *et al.*, 2010). Analisis gula

meliputi % Brix, % Pol, pH, gula reduksi % Brix, Harkat Kemurnian (HK) dan Nilai Nira Perahan Pertama (NNPP). % Brix merupakan zat kering terlarut dalam larutan (g/100 g larutan) yang dihitung sebagai sukrosa. % Pol adalah jumlah gula (g) yang terlarut dalam 100 gram larutan. pH merupakan parameter keasaman yang mempengaruhi kualitas nira tebu pada setiap proses pengolahan menjadi gula. Gula reduksi % Brix merupakan hasil inversi dari sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. HK merupakan persentase % Pol terhadap % Brix. Sedangkan NNPP adalah besaran yang menyatakan kristal (%) yang diperkirakan dapat diperoleh dari NPP (Santoso Kuspratomo *et al.*, 2012).

2.3 Kapasitor

Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1791-1867. Kapasitor merupakan suatu alat yang menyimpan energi listrik dalam bentuk medan listrik (Beiser, 1962). Menurut Halliday dan Resnick (1997), sebuah kapasitor secara umum dapat disusun dari dua buah plat yang geometrinya diabaikan. Kedua plat tersebut seluruhnya terisolasi dari keadaan sekitar dan mengangkut muatan-muatan yang sama besar dan berlawanan tanda, sebesar $+q$ dan $-q$. Tiap-tiap garis gayanya berasal dari $+q$ menuju $-q$, seperti terlihat pada gambar berikut:



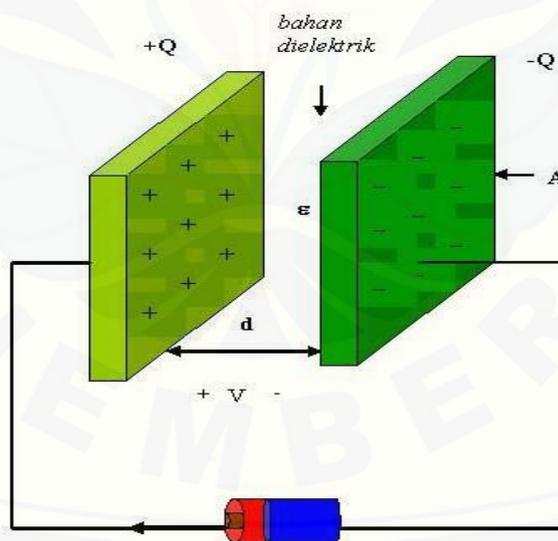
Gambar 2.1 Garis gaya dari dua buah plat terisolasi yang sama besar dan berlawanan tanda (Sumber: Halliday dan Resnick, 1997)

Plat pada gambar 2.1 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 didapatkan:

$$q = C_0V \quad (2.1)$$

Dimana, C_0 merupakan kapasitansi dari sebuah kapasitor (Halliday & Resnick, 2008). Kapasitansi merupakan nilai geometris yang ditentukan oleh ukuran, bentuk, dan jarak pisah antara dua plat konduktor. Dalam satuan SI besarnya nilai kapasitansi dinyatakan dalam Farad (F). Bentuk-bentuk geometris dari suatu konduktor antara lain kapasitor plat sejajar, kapasitor bola, dan kapasitor silinder (Griffiths, 1999).

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



Gambar 2.2 Skema kapasitor plat sejajar (Sumber: Serway & Jewett, 2004)

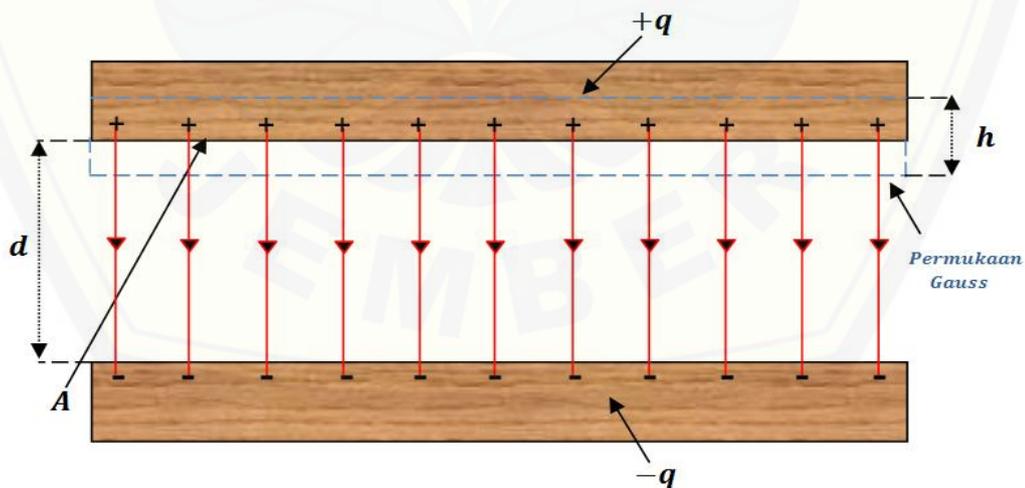
Kedua plat konduktor tersebut memiliki luas penampang A tertentu dan dipisahkan oleh jarak d serta dihubungkan dengan sumber tegangan. Sumber tegangan bisa didapat dari baterai maupun adaptor AC-DC. Jika kapasitor

mulanya tidak bermuatan, maka sumber tegangan akan menghasilkan medan listrik dalam kabel penghubung rangkaian (Serway & Jewwet, 2004). Ketika kedua plat dihubungkan dengan sumber tegangan listrik, masing-masing plat konduktor membawa muatan sama besar dan berlawanan tanda yaitu $+Q$ dan $-Q$. Muatan-muatan tersebut akan dipindahkan dari satu plat konduktor ke konduktor yang lain sampai beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif masing-masing plat sama dengan beda potensial antara kutub positif dan negatif sumber tegangan luar (Sinclair & Dunton, 2007).

Beda potensial yang muncul pada kedua plat kapasitor disebabkan karena adanya muatan masing-masing plat konduktor. Beda potensial yang diberikan terhadap kapasitor tersebut akan menimbulkan medan listrik E diantara dua plat tersebut terdistribusi seragam. Hal ini mengakibatkan garis-garis gaya akan sejajar dan berjarak sama terhadap satu dengan lainnya (Halliday & Resnick, 1984). Diperoleh rumusan sebagai berikut:

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

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)

Kapasitor plat sejajar terdiri dari dua keping logam yang terpasang sejajar pada jarak pisah sejauh d , yang jauh lebih kecil dari luas keping A (Bueche, 1989). Kapasitor ini biasanya hanya dipisahkan oleh adanya udara atau bahan pemisah lainnya (Beiser, 1962). Gambar 2.3 di atas memperlihatkan sebuah kapasitor plat sejajar yang penghantar-penghantar di dalamnya memiliki bentuk sebagai dua buah plat sejajar dengan luas A dan berjarak d satu dengan lainnya. Ketika setiap plat dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan, maka muatan $+q$ dengan sendirinya akan muncul pada salah satu plat dan $-q$ pada plat lainnya. Apabila nilai d jauh 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 terhadap satu dengan 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 di atas terlihat bahwa permukaan Gauss hanya melingkupi muatan q plat yang bermuatan positif, sehingga didapatkan suatu hubungan medan listrik \vec{E} diantara dua plat sejajar dengan menggunakan Hukum Gauss sebagai berikut:

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

dimana, 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:

$$q = \epsilon_0 EA \quad (2.4)$$

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 gambar 2.3, dan dengan mengasumsikan sebuah lintasan bermula dari plat negatif menuju plat positif. Untuk lintasan ini, vektor \vec{E} dan $d\vec{s}$ memiliki arah yang berlawanan, sehingga operasi dari $\vec{E} \cdot d\vec{s}$ akan sebanding dengan $-Eds$. Jadi, persamaan (2.6) 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) disubstitusikan ke relasi $q = C_0V$ maka dihasilkan persamaan untuk kapasitansi plat sejajar,

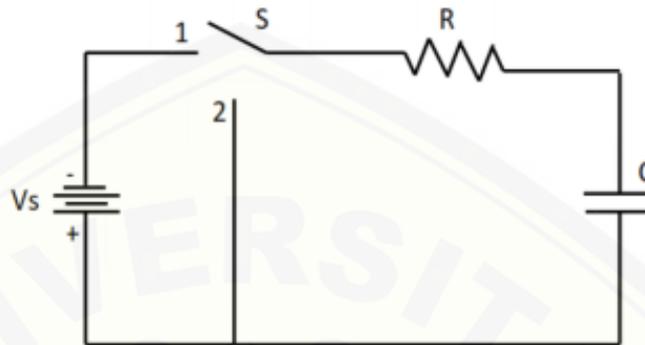
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.8)$$

Simbol C_0 merupakan kapasitansi yang dihasilkan ketika diantara dua buah plat sejajar tidak terdapat bahan dielektrik atau dianggap vakum. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitansi tidak hanya bergantung pada bentuk geometris plat tetapi juga pada A (luas plat) dan d (jarak antar plat) (Halliday & Resnick, 2008). 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 κ atau disebut juga dengan konstanta dielektrik.

2.3.1 Konsep kapasitor dalam Pengisian dan Pengosongan

Menurut Sutrisno (1986) ada dua hal penting yang perlu diperhatikan pada kapasitor, yaitu proses pengisian dan pengosongan muatan pada masing-masing

plat konduktor. Berikut ini gambar yang menjelaskan peristiwa pengisian muatan kapasitor:



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

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

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

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)

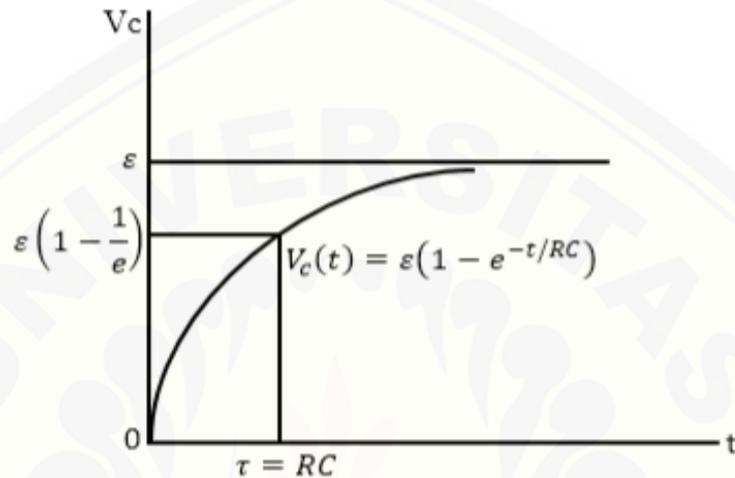
ε : sumber tegangan (V)

t : waktu pengisian muatan kapasitor (s)

R : resistansi resistor (Ω)

C : kapasitansi kapasitor (F)

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



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

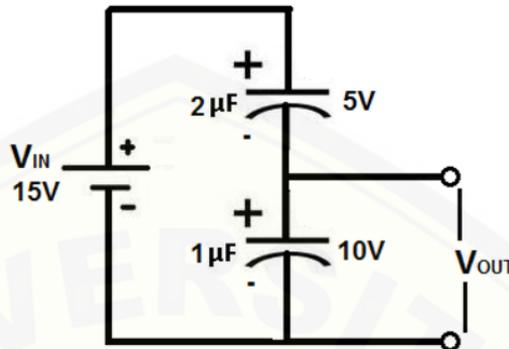
Waktu pengisian akan semakin lama jika nilai resistansi dan kapasitor semakin besar. Jika saklar S pada gambar dihubungkan ke posisi 2, arus akan mengalir yang arahnya berlawanan pada proses pengisian. Dalam hal ini kapasitor akan mengeluarkan energi listrik yang disimpan. Inilah yang dinamakan proses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

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

2.3.2 Konsep Kapasitor Sebagai Pembagi Tegangan Kapasitif

Dalam rangkaian listrik arus searah untuk memperoleh suatu tegangan tertentu dapat menggunakan prinsip pembagi tegangan. Konsep kapasitor dalam

rangkaian DC bertujuan untuk menentukan nilai kapasitansi yang terukur. Rangkaian pembagi tegangan dapat ditunjukkan pada gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.6 Rangkaian Pembagi Tegangan Sumber DC (Learning About Electronics, Tanpa Tahun).

Pada gambar 2.6 dapat diketahui apabila dua kapasitor atau lebih dihubungkan dengan beda potensial yang disusun secara seri. Besar muatan (Q) kapasitor pada rangkaian seri pada setiap komponen kapasitor akan memiliki besar yang sama. Dengan mengacu ke persamaan 2.1 maka didapat persamaan:

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.12)$$

Pada rangkaian seri tegangan, jumlah penurunan tegangan pada rangkaian seri akan sama dengan sumber tegangan. Sehingga:

$$V_{in} = V_1 + V_2 \quad (2.13)$$

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad (2.14)$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad (2.15)$$

Dengan mensubstitusikan ke persamaan 2.13 diperoleh

$$\frac{V_i}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (2.16)$$

Dimana, V_i merupakan sumber tegangan yang berasal dari arus DC. Menurut Sutrisno (1986) nilai muatan (Q) pada setiap masing-masing kapasitor dalam satu loop rangkaian adalah sama. Jadi, kita dapat menulis $Q = C_2 V_0$. Sehingga, persamaan 2.16 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{V_i}{C_2 V_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (2.17)$$

$$\frac{V_i}{C_2 V_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$V_0 = \frac{C_1 C_2}{C_2 (C_1 + C_2)} V_i$$

$$V_0 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_{in} \quad (2.16)$$

Berdasarkan Gambar 2.6 dengan menggunakan persamaan 2.12 dapat disimpulkan bahwa tegangan kapasitor berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi yang dihasilkan pada setiap kapasitor. Apabila nilai kapasitansi yang dihasilkan pada setiap kapasitor semakin kecil maka, nilai tegangan yang dihasilkan akan semakin besar. (Learning About Electronic, Tanpa Tahun).

2.4 Konstanta Dielektrik

Konstanta dielektrik merupakan suatu bilangan konstanta yang 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 pelat sejajar yang dipisahkan oleh bahan dielektrik (Kamajaya, 1984). Sedangkan menurut Halliday dan Resnick (1997), konstanta dielektrik (κ) merupakan perbandingan antara kapasitansi dengan bahan dielektrik dengan kapasitansi tanpa bahan dielektrik. Nilai konstanta dielektrik berhubungan dengan sifat dielektrik dari bahan, dimana sifat dielektrik menggambarkan kemampuan suatu bahan untuk menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik (Hermawan dalam Nuzulaet *al.*, Tanpa Tahun). Dalam Pain (2005), disebutkan bahwa konstanta dielektrik (κ) atau disebut juga sebagai permitivitas relatif (ϵ_r) memiliki hubungan sebagai berikut:

$$\kappa = \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.17)$$

dengan ϵ merupakan permitivitas absolut, ϵ_0 permitivitas vakum, dan ϵ_r permitivitas relatif. Faktor κ tersebut menyebabkan perubahan persamaan untuk kapasitansi. Dalam Beiser (1962) dituliskan sebuah persamaan kapasitansi ketika terdapat bahan dielektrik yang diletakkan diantara kedua plat sejajar, sebagai berikut:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.18)$$

dengan,

C : Kapasitansi dengan bahan dielektrik (F)

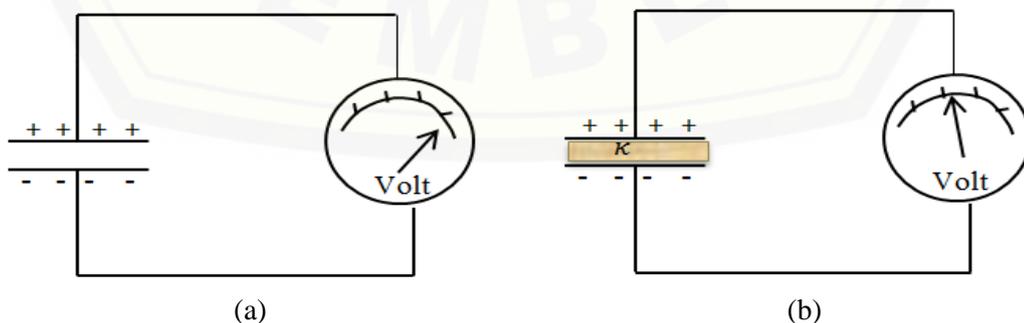
κ : Konstanta dielektrik

ϵ_0 : Konstanta elektrostatis pada Hukum Coulomb $8,85 \times 10^{-12} F/m$

A : Luas plat (m^2)

d : Jarak antar plat (m)

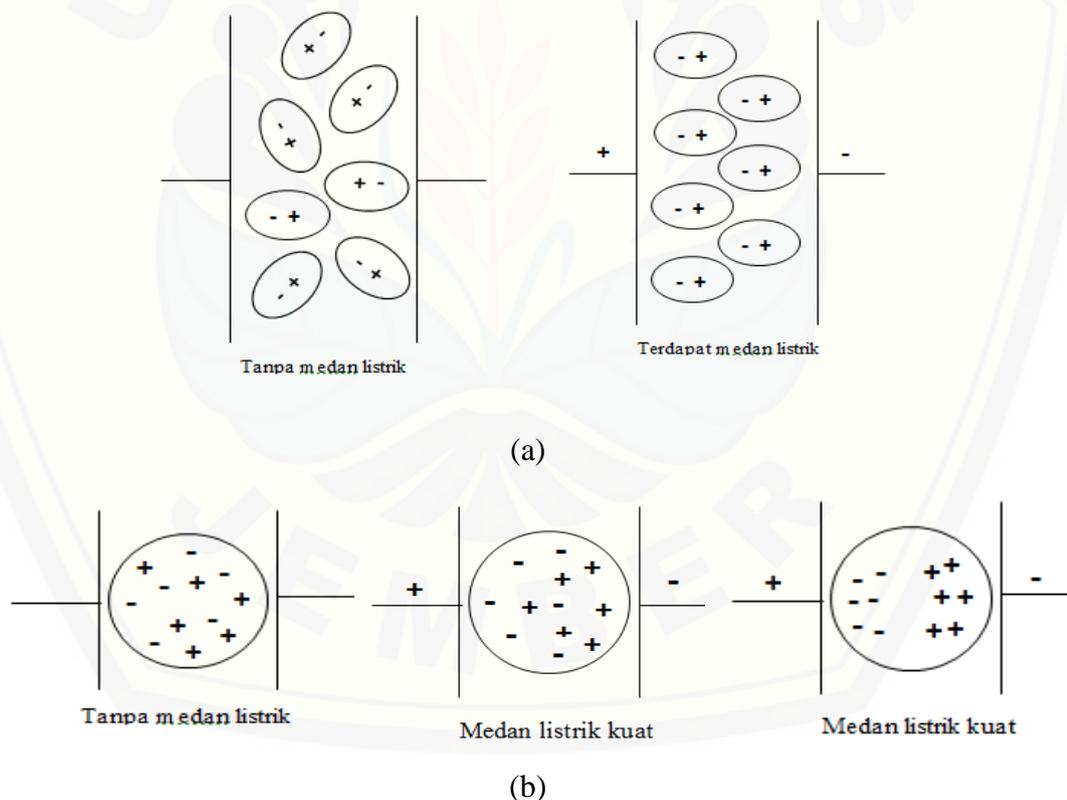
Adanya penambahan suatu bahan dielektrik menyebabkan adanya perubahan nilai kapasitansi bahan yang bergantung dengan nilai konstanta dielektrik (κ) yang nilainya berbeda untuk suatu bahan tertentu. Menurut Tobing (1996), perubahan nilai kapasitansi disebabkan oleh adanya perubahan potensial listrik pada kedua plat kapasitor, seperti yang terlihat pada gambar 2.7.



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

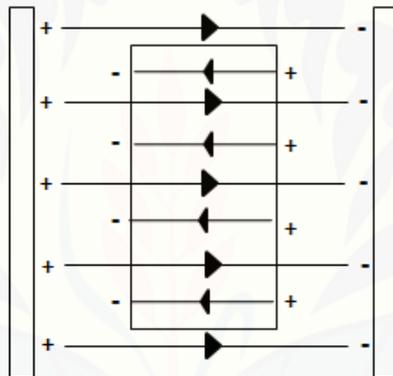
Gambar 2.7 (a) menunjukkan nilai potensial listrik ketika diantara plat kapasitor tidak disisipibahan dielektrik, sedangkan (b) merupakan nilai potensial listrik ketika diantara plat tersebut disisipi suatu bahan dielektrik. Perbedaan potensial listrik diantara kedua buah plat menjadi rendah akibat adanya penambahan bahan dielektrik. Penurunan nilai potensial listrik menyebabkan adanya peningkatan nilai kapasitansi kapasitor, sesuai dengan persamaan kapasitansi $C_0 = q/V$.

Peningkatan nilai kapasitansi disebabkan karena adanya medan listrik yang mempengaruhi polarisasi pada bahan dielektrik. Polarisasi pada bahan dielektrik sebagai berikut:



Gambar 2.8 Polarisasi bahan dielektrik untuk (a) molekul polar, dan (b) molekul non-polar yang diakibatkan oleh adanya medan listrik luar (Sumber: Beiser, 1962)

Ketika suatu medan listrik luar dikenakan pada suatu bahan dielektrik maka muatan positif dan muatan negatif dalam atom bahan dielektrik akan mengalami pengutuban. Pengutuban muatan-muatan dalam atom untuk molekul polar terlihat dalam gambar 2.8 (a), sedangkan (b) untuk molekul non-polar. Muatan positif akan berkumpul menuju arah yang sesuai dengan arah medan listrik, sedangkan muatan negatif menuju arah yang berlawanan. Selanjutnya, muatan induksi yang dimiliki oleh bahan dielektrik tersebut membentuk pula suatu medan dalam yang arahnya berlawanan dengan medan luar. Proses yang terjadi akibat adanya muatan induksi tersebut digambarkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.9 Permukaan induksi muatan pada bahan dielektrik
(Sumber: Tobing, 1996)

Proses pada gambar 2.9 tersebut berakibat pada berkurangnya intensitas medan kapasitor serta penurunan selisih potensial pelat kapasitor. Pada proses ini nilai konstanta dielektrik (κ) dari bahan berpengaruh terhadap nilai kapasitansi dari kapasitor, sehingga medan di dalam dielektrik serta potensial dari pelat kapasitor akan direduksi oleh faktor $1/\kappa$, sehingga kapasitansinya akan bertambah dengan faktor κ menjadi:

$$C = \kappa C_0 \quad (2.19)$$

dengan, C_0 merupakan kapasitansi kapasitor tanpa bahan dielektrik dan C merupakan kapasitansi kapasitor dengan bahan dielektrik (Tobing, 1996).

Dalam Halliday dan Resnick (1997) disebutkan beberapa nilai konstanta dielektrik untuk beberapa bahan dielektrik yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Nilai konstanta dielektrik(κ) untuk beberapa bahan dielektrik

Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
Vakum	1,00000	∞
Udara	1,00054	0,8
Air	78	-
Kertas	3,5	14
Mika merahdelima (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 ₂)	100	6
Polistiren	2,6	25

Sumber: Halliday dan Resnick (1997).

2.5 Lyquid Crystal Display (LCD)

Lyquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan satu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrument elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silicon dan gallium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom (Setiawan, 2010:24-27). Menurut Widodo (2002), didalam LCD terdapat kontroler CMOS yang berfungsi sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Salah satu variasi bentuk dan ukuran LCD adalah 16 x 2 karakter dan 16 pin. Modul LCD ini berukuran 16 kolom, 2 baris, sehingga dapat menampilkan hingga 2 karakter. Akses 16 pin

yang tersedia memiliki 8 jalur hubungan data. 3 jalur hubungan kontrol, dan 3 jalan catu daya.

Menurut Nurcahyo (2012) LCD dapat menampilkan angka atau huruf, dikarenakan didalam LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai chip pengendali tampilan LCD. Selain itu juga diperlukan rangkaian pengatur *scanning* dan pembangkit tegangan sinus. Mikrokontroler pada LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan oleh mikrokontroler internal LCD adalah

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), yaitu memori tempat karakter yang akan ditampilkan beranda.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), yaitu memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), yaitu memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan LCD, sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM. Seperti yang terlihat pada gambar 2.9 merupakan gambar bentuk fisik dari LCD 16x2



Gambar 2.10 LCD 16 x 2 (Sumber: Aliexpress, 2015)

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

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

8. Kaki 15 (Anoda): kaki ini berfungsi sebagai tegangan DC +5V dari *backlight* modul LCD.
9. Kaki 16 (Katoda): kaki ini berfungsi sebagai tegangan 0 V *backlight* modul LCD.

2.6 Arduino UNO

Rangkaian mikrokontroler adalah sistem komputer yang ringkas karena dapat menggantikan fungsi komputer dalam pengendalian kerja dengan desain yang jauh lebih ringkas dari pada komputer. Mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja karena program kontrol disimpan pada ROM yang ukurannya relatif besar. Sedangkan RAM hanya digunakan untuk tempat penyimpanan sementara, termasuk *register-register* yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan (Pandiangan, 2007).

Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisik yang bersifat *open source* dengan *board input* dan *output* yang sederhana (0/1). Arduino memiliki lingkup pengembangan bahasa pengolahan yang dapat dihubungkan dengan *software* dan *hardware* lainnya sehingga dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi lingkungan dan menampilkannya pada PC. Arduino tersusun dari dua bagian utama yaitu *Arduino board* dan *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*. *Arduino board* berupa *hardware* yang digunakan ketika menyusun rangkaian. Sedangkan *Arduino IDE* merupakan *software* yang digunakan untuk pengolahan pada PC. IDE digunakan untuk membuat gambaran program komputer yang di-*upload* ke *Arduino board*. Gambaran program digunakan untuk menentukan pekerjaan yang harus dilakukan oleh *Arduino board* (Banzi, 2011).

Kelebihan Arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah IDE Arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Macintosh, dan Linux (Artanto, 2012). Selain itu, arduino dapat dihubungkan berbagai macam sensor dan dapat mengontrol lampu,

motor, dan aktuator lainnya (Putra, 2013). Memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Saputra *et al.*, 2014). Arduino UNO juga bisa digabungkan bersama modul dengan protokol yang berbeda-beda (Riko dan Muhammad, 2014). Sedangkan Arduino IDE merupakan salah satu *software* khusus yang dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler. *Software* ini memungkinkan pengguna untuk menambah dan mengurangi *library* yang ada. Jika pengguna ingin menggunakan *library* yang telah ada, pengguna harus meng-*copy file* tersebut ke *folder library* Arduino IDE (Yurianto, 2011).

Artanto (2012) menjelaskan bahwa kelebihan Arduino dari *platform* lainnya adalah:

1. Arduino IDE merupakan *multiplatform*;
2. Arduino IDE dibuat berdasarkan pada IDE *processing* yang sederhana;
3. Pemrograman Arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan *port* USB sehingga dapat dioperasikan pada semua PC;
4. Arduino IDE adalah *software* yang bersifat *open source*;
5. Proyek Arduino dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya;
6. Memiliki banyak pengguna dan komunitas secara global;

Berikut ini merupakan bentuk modul Arduino UNO:



Gambar 2.11 Modul Arduino UNO (Sumber: Ladyada, 2014)

Menurut Margolis (2011) *hardware* mikrokontroler Arduino UNO diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman *wiring-based* yang berbasiskan *syntax* dan *library*. Pemrograman *wiring-based* ini tidak berbeda dengan C/C++, tetapi dengan beberapa penyederhanaan dan modifikasi. Untuk memudahkan dalam pengembangan aplikasinya, modul Arduino menggunakan IDE Arduino berbasis *processing*.

Arduino memiliki banyak jenis, misalnya Arduino Duemilanove, Arduino Fio, Arduino Lilypad, Arduino Uno, dan Arduino Mega. Arduino Uno merupakan jenis Arduino yang paling banyak digunakandan *board* yang didokumentasikan oleh seluruh pengguna Arduino. Kata Uno memiliki arti “satu” dalam bahasa Italia, dan kata tersebut dipilih untuk menandakan pelepasan *software* Arduino (IDE) 1.0 yang merupakan versi dasar dari Arduino (arduino.cc).

Riko dan Muhammad (2014) menjelaskan bahwa Arduino UNO menggunakan *chip AVR ATmega168/328*, komunikasi *serial*, ADC (*Analog To Digital Converter*), *timer*, *interrupt*, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan I2C (*inter IC*). Saputri (2014) menyatakan bahwa Arduino UNO memiliki 14 digital *input/output pin* (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, *jack* listrik, tombol *reset*. *Pin-pin*

tersebut berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Spesifikasi *board* Arduino UNO berupa:

Tabel 2.3 Karakteristik Arduino UNO

KOMPONEN	SPESIFIKASI
MIKROKONTROLER	ATMega328
OPERATION VOLTAGE	5 V
INPUT VOLTAGE	7 – 12 V (rekomendasi)
INPUT VOLTAGE	6 – 20 V (limit)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
ELECTRIC CURRENT	50 mA
FLASH MEMORY	32 KB
BOOTLOADER	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB

Sumber: Saputri, (2014)

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

Berikut adalah pin-pin tegangan pada *board* Arduino Uno:

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

Kaki *input/output* digital sebanyak 14 kaki yang dimiliki arduino Uno, yaitu di kaki D0 sampai D13, dan 6 kaki *input* analog, yaitu di kaki A0 sampai

A5. Sebagai *input* analog, keenam kaki ini memiliki tambahan rangkaian ADC di dalamnya, dengan resolusi ADC sebesar 10 bit. ADC (*analog to digital converter*) adalah pengubah sinyal analog menjadi digital. Resolusi 10 bit artinya untuk tegangan masukan 0-5V, nilai digital yang dihasilkan memiliki jangkauan nilai dari 0-1023 (Artanto, 2012). Selain itu, Arduino Uno memiliki resistor *pull-up* internal 20-30 Kohm.

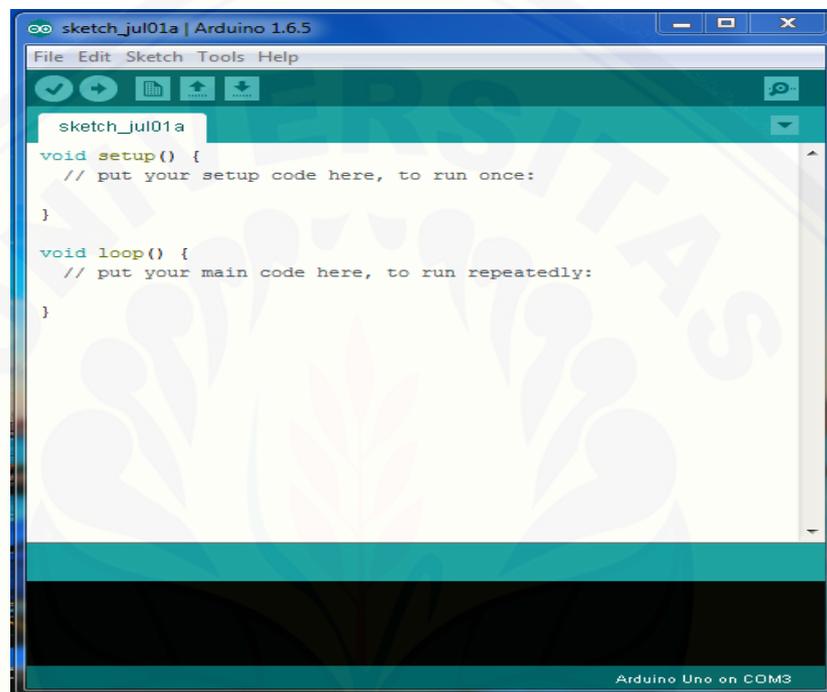
Mikrokontroler ATmega328P pada *board* arduino Uno dapat di program dengan menggunakan bahasa pemrograman dan lingkungan pemrograman (IDE) Arduino. Bahasa pemrograman pada Arduino digunakan untuk membuat program yang akan ditanamkan pada board Arduino, agar *board* arduino dapat beroperasi sesuai instruksi yang diberikan. Ada tiga bagian utama dalam bahasa pemrograman Arduino, yaitu Struktur, Variabel, dan Fungsi. Untuk mempelajari bahasa pemrograman Arduino, dapat membuka **Reference** di menu **Help** pada *userfacesoftware* Arduino (Artanto, 2012).

IDE (*integrated developmentenvironment*) Arduino adalah sebuah *software* yang berfungsi untuk menulis program, mengkompilasi program menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler pada *board* arduino. *Software* Arduino bersifat gratis dan memungkinkan oleh pengguna untuk menambah dan mengurangi *library* yang sudah ada. Untuk proses instalasi di windows, pengguna hanya tinggal mengekstrak file *software* arduino dan menempatkannya di lokasi yang diinginkan. *Software* ini terdiri atas editor teks, area pesan, konsol, *toolbar*, dan menu-menu lainnya. *Toolbar* yang ada pada *software* Arduino diantaranya adalah *verify*, *upload*, *new*, *open*, *save*, dan *serial monitor*.

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

- *Verify*, berfungsi mengecek apakah ada kesalahan pada kode program atau *sketch* yang dibuat.
- *Upload*, berfungsi untuk mengirimkan kode mesin ke *board* arduino.
- *New*, berfungsi untuk program baru.

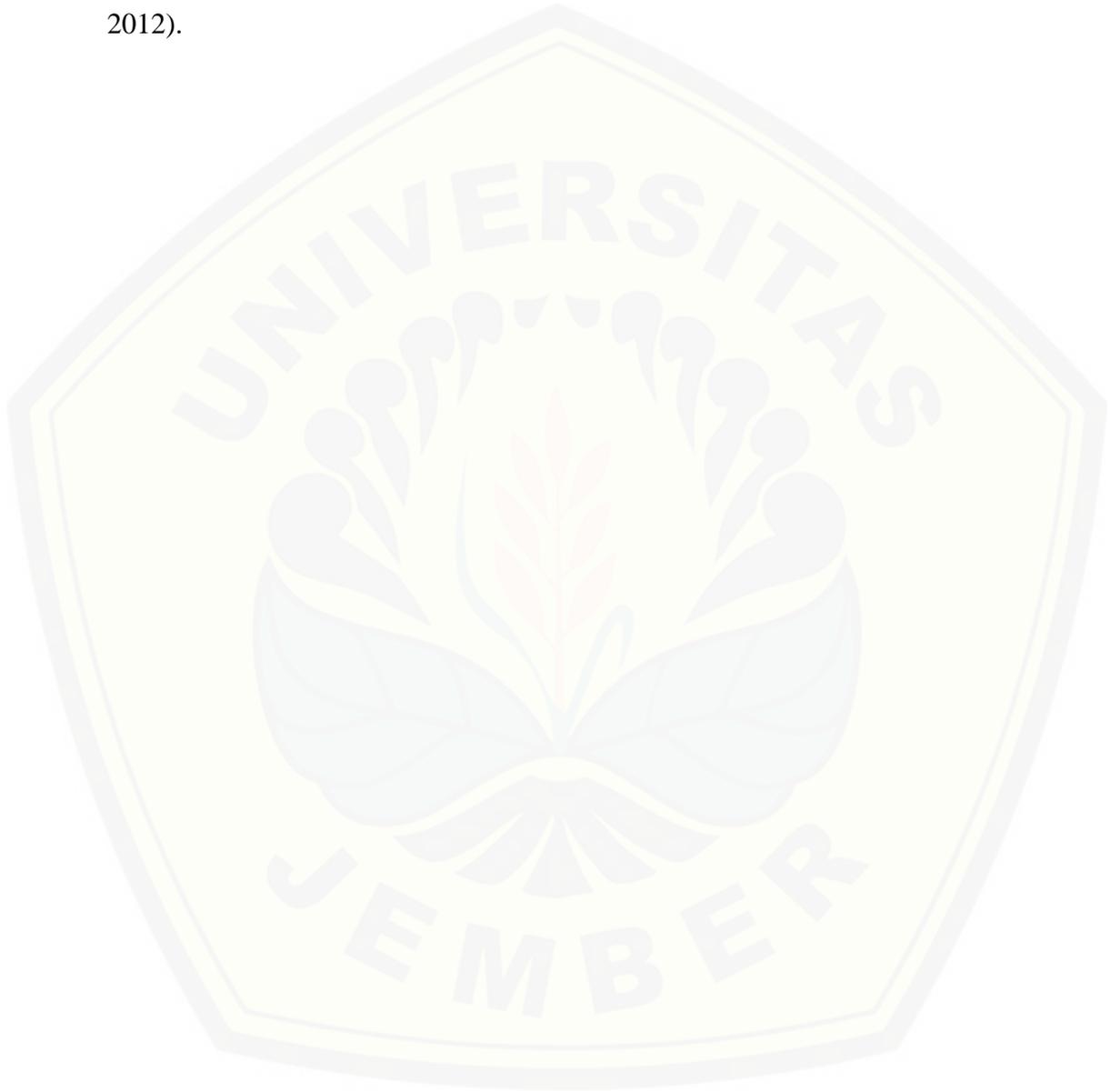
- *Open*, berfungsi untuk membuka program yang sudah ada di dalam *sketchbook*, yaitu tempat standar untuk menyimpan program.
- *Save*, berfungsi untuk menyimpan program yang dibuat,
- *Serial monitor*, berfungsi untuk membuka *serial monitor*, yaitu menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.



Gambar 2.12 Software Arduino IDE 1.6.5

Untuk menggunakan software ini, dibutuhkan kabel USB untuk berkomunikasi dengan *board* arduino. Jendela editor adalah tempat untuk membuat program atau *sketch*. Program yang sudah dibuat dengan benar akan dikompilasi dengan menekan tombol *verify* pada *toolbar* software arduino. Proses kompilasi adalah proses mengubah kode program menjadi kode mesin dan proses kompilasi dinyatakan berhasil jika muncul tulisan “*done compiling*”. Kemudian, meng-*upload* kode mesin tersebut ke *board* arduino. namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu pemilihan tipe *board* arduino dan saluran serial *port* yang digunakan. Jika kedua hal tersebut sudah dilakukan dengan benar,

proses *upload* bisa dijalankan dengan cara menekan tombol *upload*. Proses *upload* dinyatakan selesai jika muncul tulisan “*done uploading*” dan tahap berikutnya adalah menyimpan program tersebut dengan menekan tombol *save* (Artanto, 2012).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember untuk persiapan dan pembuatan alat ukur kadar gula dengan menggunakan Arduino Uno serta Laboratorium Analisis Tanaman Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember dilakukan pengukuran kadar gula dengan menggunakan alat refraktometer digital. Penelitian dilakukan mulai bulan September 2016 sampai dengan selesai.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

- a) Plat PCB digunakan sebagai sensor kapasitor.
- b) Wadah berbentuk balok dengan dimensi $(38 \times 25 \times 8,5)$ mm³ digunakan sebagai wadah sampel bahan.
- c) Kabel port USB digunakan untuk menghubungkan PC dengan alat Arduino UNO.
- d) LCD (16 cm x 2 cm) digunakan untuk menampilkan besaran yang terukur oleh sensor kapasitansi.
- e) Arduino UNO digunakan sebagai modul mikrokontroler yang terhubung dengan laptop.
- f) Kabel *Jumper* digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika.
- g) *Project board* digunakan sebagai tempat merealisasikan rangkaian elektronika.
- h) Adaptor digunakan sebagai penstabil tegangan dari Arduino UNO.

- i) Potensiometer digunakan untuk mencerahkan cahaya pada LCD (Liquid Crystal Display)
- j) *Software* Arduino IDE 1.6.5 yang digunakan untuk memasukkan bahasa pemrograman pada modul Arduino.
- k) Kapasitansimeter digunakan sebagai pengukur nilai kapasitansi.
- l) Timbangan digital digunakan untuk menimbang gula pasir dan aquades yang akan dilarutkan.
- m) *Beaker Glass* digunakan sebagai wadah pembuatan larutan gula.
- n) Pengaduk digunakan untuk mempercepat terlarutnya gula pasir pada aquades.

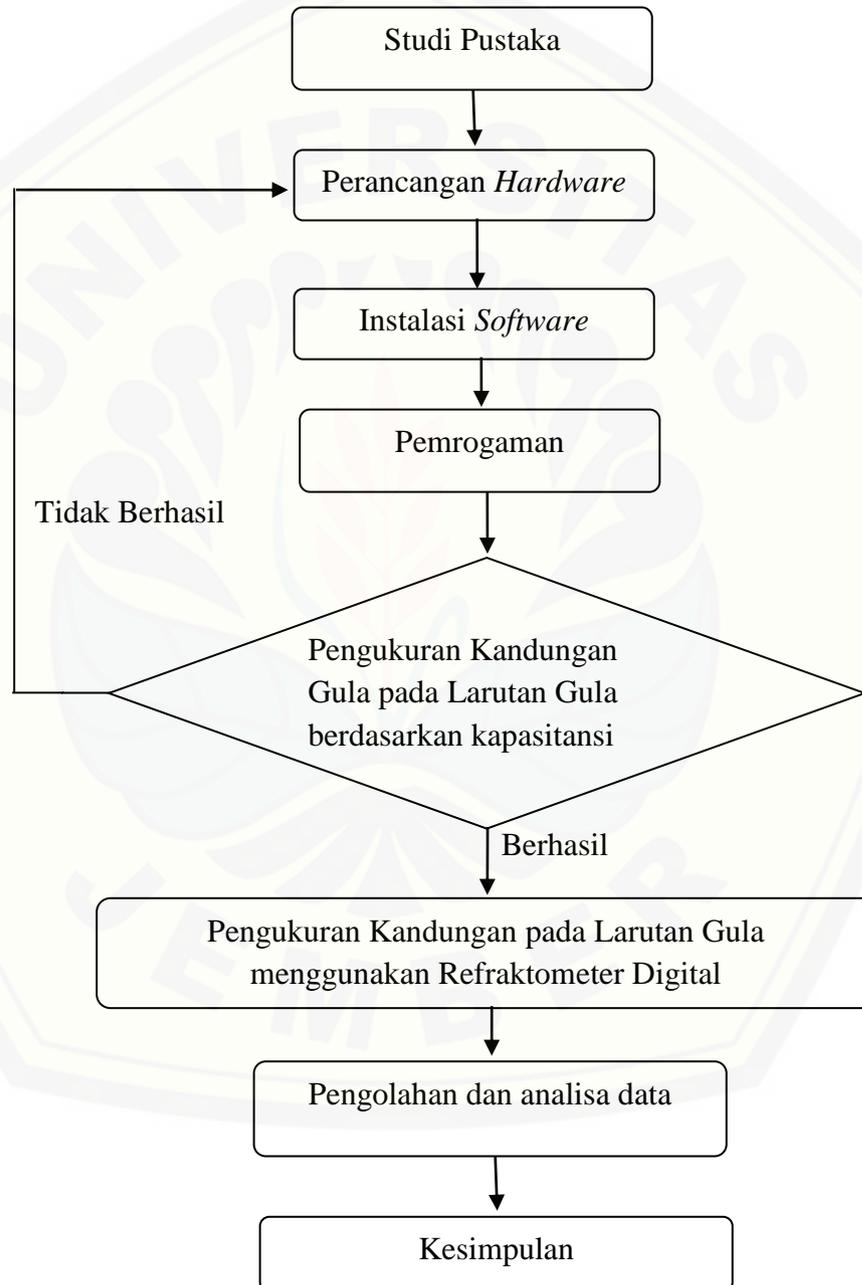
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu sukrosa dan aquades digunakan untuk membuat larutan gula.

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian

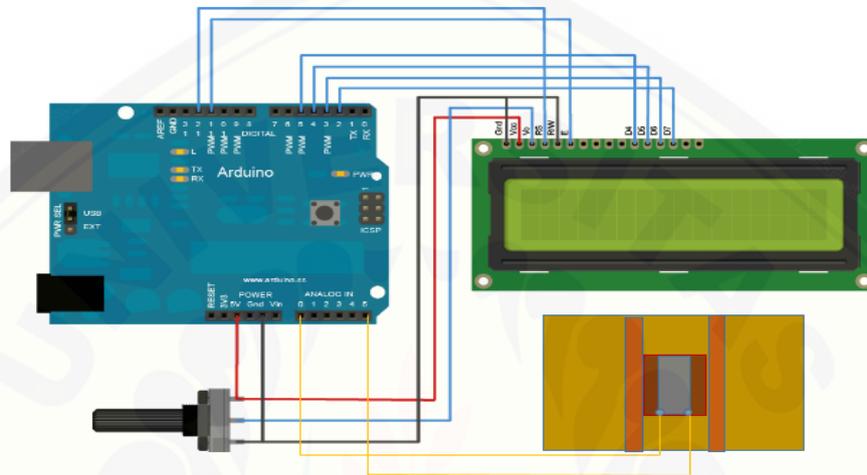
Secara umum alur penelitian yang dapat digambarkan melalui diagram alir penelitian, sebagai berikut



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian pengukuran kandungan gula

3.4 Desain Penelitian

Adapun desain rangkaian penelitian berupa sistem rangkaian kapasitansimeter Arduino Uno yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.2 Skema rangkaian sistem kapasitansimeter yang dilengkapi sensor kapasitansi

Adapun keterangan dari masing-masing bagian pada skema peralatan penelitian sebagai berikut:

1) Sensor kapasitansi

Sensor kapasitansi ini terdiri dari dua plat PCB yang berbahan tembaga disusun secara sejajar yang berfungsi sebagai sensor kapasitor. Bahan uji diletakkan diantara kedua sisi plat PCB sejajar. Keluaran dari sensor berupa nilai kapasitansi.

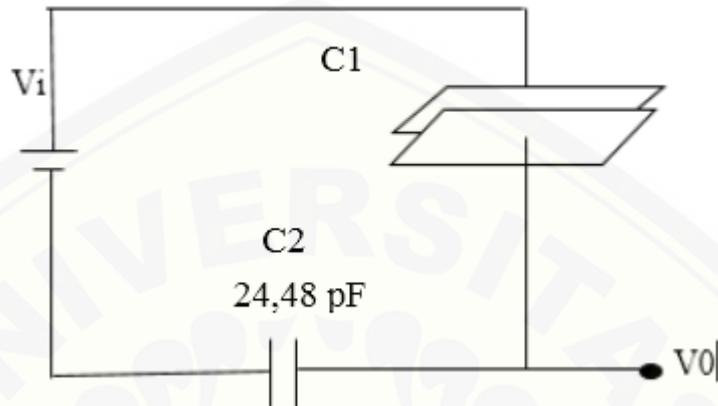
2) Arduino UNO

Arduino UNO digunakan untuk mengolah data dan mengatur kerja sistem secara keseluruhan.

3) Penampil data (LCD)

Penampil data (LCD) digunakan untuk menampilkan data keluaran berupa nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik.

Berikut ini merupakan konsep rangkaian sensor kapasitansi yang digunakan dalam menentukan nilai kapasitansi yang dihasilkan:



Gambar 3.3 Rangkaian sensor kapasitansi yang digunakan

Gambar 3.3 dapat disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan. Untuk menentukan nilai kapasitansi, bisa didapat dari persamaan pembagi tegangan, seperti pada persamaan 2.16 :

$$V_0 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_i \quad (3.1)$$

Dimana V_i merupakan sumber tegangan yang berasal dari arus DC, V_0 merupakan output dari rangkaian dan C_1 adalah nilai kapasitansi dari kapasitor pelat sejajar yang berisi bahan dielektrik yaitu berupa larutan gula. Sedangkan C_2 merupakan nilai kapasitansi dari kapasitor yang telah ditentukan, dimana nilai kapasitansi C_1 dapat diperoleh dari persamaan:

$$C_1 = \frac{V_0 \times C_2}{V_i - V_0} \quad (3.2)$$

Dari nilai kapasitansi yang didapatkan seperti pada persamaan 3.2, maka dapat mencari nilai konstanta dielektrik dengan mengacu persamaan 2.18.

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas, maka program yang diinputkan ke Arduino untuk menentukan konstanta dielektrik menjadi:

$$K = \frac{C}{\frac{\epsilon_0 A}{d}} \quad (3.3)$$

Sistem kerja dari rangkaian adalah sensor kapasitansi yang memanfaatkan dua pelat sejajar. Sensor kapasitansi mengirim tegangan output pada kedua kaki pin modul Arduino Uno, kemudian hasil pembacaan sensor diolah dalam modul Arduino uno dan ditampilkan pada layar LCD 16 x 2. Pengolahan program yang ditanamkan melalui *software* Arduino IDE agar nilai kapasitansi terbaca dengan memasukkan rumus perhitungan matematis kapasitansi yaitu *capacitance* = (float) *val* * *IN_CAP_TO_GND* / (float) (*MAX_ADC_VALUE* – *val*). Dimana, nilai *val* diperoleh dari tegangan *output* rangkaian yang dibaca, *IN_CAP_TO_GND* merupakan nilai kapasitor yang telah ditentukan sebesar 24,48 pF (terdapat pada program). Sedangkan nilai *MAX_ADC_VALUE* merupakan tegangan masukan dari modul Arduino Uno yaitu sebesar 0-5 V yang keenam kaki analog pada mikrokontroler Arduino Uno semuanya memiliki rangkaian ADC didalamnya dengan resolusi 10 bit dan nilai digital yang dihasilkan mempunyai jangkauan nilai 0-1024.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan *hardware*. Perancangan *hardware* dimulai dengan penginstalan *software* Arduino IDE 1.6.5 pada PC dan pembuatan wadah uji yang disisipi dengan dua plat tembaga yanang disusun secara sejajar. Selanjutnya modul Arduino UNO yang telah dilengkapi dengan LCD dihubungkan dengan PC yang telah terinstal *software* Arduino IDE 1.6.5.

Ketika modul Arduino UNO terhubung dengan PC yang telah terinstal *software* Arduino IDE 1.6.5, Program kapasitansi dan % konsentrasi gula dimasukkan kedalam *software* Arduino IDE 1.6.5. Rancangan *hardware* berhasil dibuat ketika program kapasitansi dan % konsentrasi gula terlihat pada LCD yang telah terhubung dengan modul Arduino UNO, maka tahap selanjutnya adalah pengujian alat.

Pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui apakah program yang dimasukkan sesuai dengan alat yang telah dirancang. Pengujian pertama yaitu pengujian pada rangkaian sensor kapasitansi ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian sensor ini berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan nilai kapasitansi setelah diberi perlakuan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kapasitansimeter tipe CM8601A⁺. Kapasitansi meter berfungsi sebagai alat untuk mengukur besar nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh sensor. Kemudian, pengambilan data dilakukan dengan dua keadaan, yaitu mengukur nilai kapasitansi tanpa bahan dielektrik (udara) dan mengukur nilai kapasitansi dengan bahan dielektrik berupa aquades yang di masukkan dalam wadah yang sudah dilapisi dengan plat tembaga. Masing-masing pengambilan data dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Pengujian kedua yaitu pengujian pada LCD dimana, *Board* Arduino ditanamkan program yang telah dirancang berupa karakter dan tulisan untuk LCD agar bisa menampilkan informasi yang telah diprogram. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan *Bord* Arduino dan rangkaian LCD dengan PC melalui koneksi kabel USB. Jika LCD telah terhubung, maka pada layar LCD atau *display* akan mengeluarkan tampilan satu data, baik berupa karakter maupun huruf. Hal ini menunjukkan pengujian pada LCD telah bekerja dengan baik.

Pengujian selanjutnya yaitu, pengujian sistem alat kapasitansimeter Arduino UNO. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem alat yang telah dibuat bekerja dengan baik berdasarkan perilaku uji sensor kapasitor dan uji LCD. Pengujian ini menggunakan kapasitor yang mempunyai nilai kapasitansi

tertentu dan semua rangkaian yang meliputi kapasitor, LCD dan Arduino UNO dihubungkan dengan adaptor AC-DC sebagai sumber tegangan pada sistem rangkaian. Kemudian, kaki kapasitor dihubungkan pada pin analog A0 dan A5 di *Board* Arduino maka, akan keluar tampilan nilai kapasitansi dari kapasitor pada layar LCD Arduino Uno. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan pengambilan data. Jika nilai kapasitansi dari kapasitor uji yang diperoleh dari *software* Arduino IDE 1.6.5 sesuai dengan nilai kapasitansi dari kapasitor uji yang telah diketahui nilainya, maka dapat dilanjut dengan proses pengkalibrasian.

Pengkalibrasian alat dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran konstanta dielektrik (k) udara dan juga aquades. Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan kabel konektor dari alat yang sudah dirancang seperti pada gambar 3.2. Kemudian dihubungkan dengan kabel konektor pada wadah yang berbentuk balok dibiarkan kosong (medium udara). Setelah nilai konstanta dielektrik (k) udara diperoleh dari *software* dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik (k) udara secara referensi yang besarnya 1,00054. Hal ini juga sama prosesnya saat kalibrasi pengukuran pada aquades. Kemudian nilai konstanta dielektrik (k) aquades yang dihasilkan juga dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik (k) aquades secara referensi sebesar 78,00. Apabila nilai keduanya memiliki nilai diskripansi yang kecil maka pengukur alat kapasitansimeter tersebut layak digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap sample bahan penelitian (Taylor, 1997). Selain itu kalibrasi juga dilakukan dengan membandingkan hasil nilai pengukuran kapasitansi dan % kadar gula dari alat yang telah dirancang dengan hasil pengukuran dari alat kapasitansimeter tipe CM8601A⁺ dan refraktometer.

Penelitian ini menggunakan 11 variasi konsentrasi yang sudah ditentukan yaitu dimulai dari 0, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18%, 21%, 24%, 27% dan 30%. Dimana, konsentrasi 3% berarti 1,5 gram gula diencerkan dengan aquades 48,5 gram. Tahap selanjutnya yaitu pengambilan data dilakukan dengan meletakkan

sampel bahan penelitian yang dimasukkan dalam wadah yang telah dibuat, dimana wadah tersebut telah dilapisi oleh dua plat tembaga sejajar yang berfungsi sebagai sensor kapasitor yang akan menghasilkan nilai kapasitansi. Pengukuran nilai kapasitansi dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali untuk setiap data yang diambil. Kemudian dari hasil data yang diperoleh dibentuk grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap nilai konstanta dielektrik. Hasil nilai kapasitansi dapat dilihat dari LCD Arduino Uno yang telah ditanamkan program yang kita inginkan. Hasil nilai kapasitansi yang telah didapat dari LCD Arduino Uno diambil dan dijadikan model grafik dengan menggunakan *software Microsoft Excel*. Grafik yang didapatkan akan muncul nilai persamaan regresi dari plot grafik yang telah dibuat akan menghasilkan rumus % konsentrasi gula yang akan dimasukkan pada program. Proses tersebut selanjutnya, akan menghasilkan nilai % konsentrasi gula dari objek pengukuran (sukrosa). Kemudian dilakukan plot grafik hubungan untuk setiap variasi konsentrasi dengan % konsentrasi gula dengan menggunakan *software Microsoft Excel*.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Penentuan Keakurasian Alat

Keakurasian alat yang dibuat ini bertujuan sebagai indikator yang menyatakan seberapa akurat nilai yang dihasilkan oleh alat ukur yang dibuat terhadap nilai yang dihasilkan oleh alat ukur dengan standar akurasi yang telah diakui, serta nilai acuan yang telah ada yaitu dapat ditunjukkan dengan menghitung nilai diskripsinya sebagai berikut:

$$Discrepancy (D) = \left| \frac{N_{eksperimen} - N_{Referensi}}{N_{Referensi}} \right| \times 100\% \quad (3.3)$$

Jika nilai diskripsi dari nilai pengukuran yang dihasilkan oleh alat yang dibuat lebih dari 25% maka dapat dikatakan alat ukur yang dibuat memiliki nilai

akurasi yang kurang baik, sedangkan apabila nilai diskrepansi dari nilai pengukuran yang dihasilkan kurang dari 25% maka dapat dikatakan alat ukur yang dibuat memiliki nilai akurasi yang baik. Tingkat akurasi yang digunakan adalah 75% atau memiliki diskrepansi 25% antara prediksi dari sistem dan hasil uji nyata. Penggunaan toleransi sebesar 25% mengacu kepada Bennett (2005), yang menyatakan bahwa ketidakpastian dari standar pengukuran sebesar 25% masih dalam batas diterima.

3.6.2 Penentuan Kepresisian Alat

Penentuan kepresisian alat dapat diketahui pada saat melakukan pengukuran secara berulang. Nilai kepresisian yang baik ditunjukkan ketika nilai pengukuran yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang tidak jauh beda dengan nilai pengukuran pada saat dilakukan pengulangan. Presisi biasanya dinyatakan dalam standart deviasi. Standart deviasi dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N(N-1)}} \quad (3.4)$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

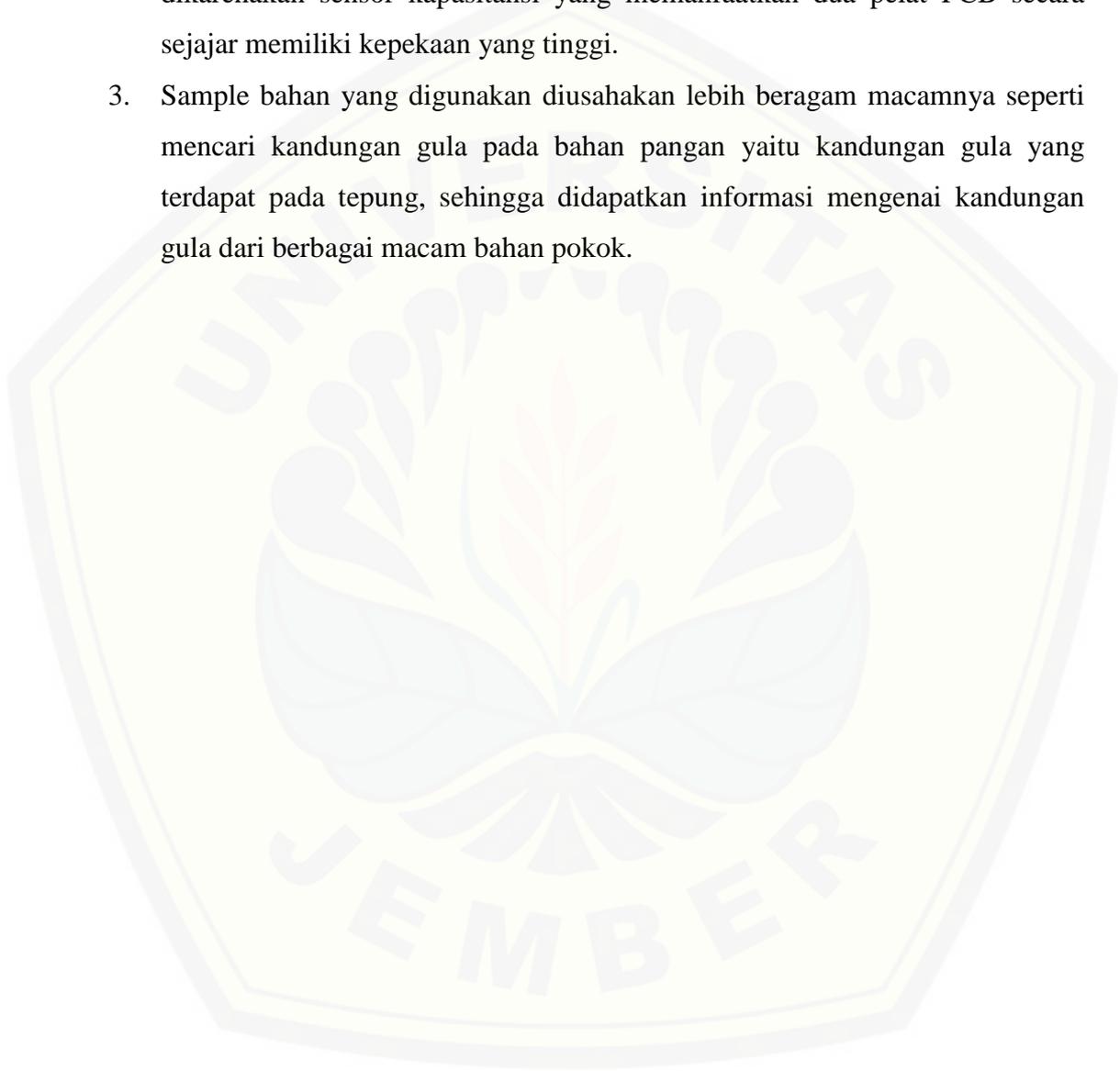
Berdasarkan pada hasil pengujian dan perancangan *prototype* telah didapatkan sistem alat kapasitansimeter Arduino Uno yang terdiri dari sensor kapasitansi, media penampil data berupa LCD dan modul Arduino Uno sebagai pengendali alat. Sistem dapat menampilkan prosentase konsentrasi gula berdasarkan nilai kapasitansi dan nilai dielektrik yang didapatkan. Pembacaan nilai kapasitansi dan nilai dielektrik yang didapat memanfaatkan dua pelat PCB yang disusun secara sejajar yang berfungsi sebagai sensor kapasitansi. Sensor kapasitansi mengirim tegangan output pada kedua kaki pin modul Arduino dan selanjutnya, pembacaan sensor diolah dalam modul Arduino. Kemudian hasil nilai dielektrik yang dihasilkan dikonversi menjadi presentase konsentrasi gula menggunakan modul Arduino. Kapasitansimeter Arduino UNO yang dibuat berfungsi dengan baik dan telah melalui proses pengujian sehingga dapat digunakan dalam pengukuran kadar gula berdasarkan nilai dielektriknya.

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan dalam pengukuran kadar gula bekerja dengan baik. Penyimpangan pengukuran kadar gula pada sistem tidak melebihi toleransi 25% dimana, nilai akurasi tertinggi pada konsentrasi gula 6% dengan nilai deskripsian 14,33% dan nilai akurasi terendah terdapat pada konsentrasi gula 12% dengan nilai deskripsian 4,17%. Sedangkan, nilai kepresisian yang didapat yaitu nilai kepresisian tertinggi pada konsentrasi gula 21% dengan nilai standart deviasi 1,14 dan nilai kepresisian terendah pada konsentrasi gula 3% dengan nilai standart deviasi sebesar 0,61.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka saran mengenai hal-hal yang perlu dilakukan dalam membantu penyempurnaan sistem alat yang dibuat pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui akurasi alat dapat dilakukan dengan memvariasi jarak antar pelat sensor kapasitansi.
2. Dalam pembuatan sensor kapasitansi harus benar-benar diperhatikan, dikarenakan sensor kapasitansi yang memanfaatkan dua pelat PCB secara sejajar memiliki kepekaan yang tinggi.
3. Sample bahan yang digunakan diusahakan lebih beragam macamnya seperti mencari kandungan gula pada bahan pangan yaitu kandungan gula yang terdapat pada tepung, sehingga didapatkan informasi mengenai kandungan gula dari berbagai macam bahan pokok.



DAFTAR PUSTAKA

- Aliexpress. 2015. *HD44780 Character LCD Display Module LCM Blue Backlight Brand New 1602 16x2*. [Serial online] <http://www.aliexpress.com/item-img/HD44780-Character-LCD-Display-Module-LCM-blue-backlight-Brand-New-1602-16x2/32341406555.html> [10 juni 2016].
- Angkawisittpan, N dan Manasri, T. 2012. *Determination of Sugar Content in Sugar Solutions Using Interdigital Capacitor Sensor*. Measurement Science Review, Vol. 12, No. 1.
- Apriwinda. 2013. *Studi Fermentasi Nira Batang Sorgum Manis (Sorghum bicolor (L) Moench) Untuk Produksi Etanol*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Arduino.2015. *Arduino Board UNO*. [Serial online] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#> [10 April 2016].
- Ayu, S.N. 2015. *Analisis Sinyal Terukur Brain Ecvt 2-elektroda Pada Kondisi Stress Dan Relax*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Banzi, Massimo. 2012. *Getting Started With Arduino*. 2nd Edition. U.S.A.: O'Reilly Media, Inc.
- Beiser, Arthur. 1962. *The Mainstream of Physics*. United State of America: Addison-wesley Publishing Company.
- Bennett, K. 2005. Metrology Concepts: Understanding Test Uncertainty Ratio (TUR). *White Paper*, P/N: 7-05-879.
- Chang, R. 2003. *Kimia Dasar Jilid 2*. Penerjemah: Suminar Setiati Achmadi. Erlangga. Jakarta.

Circuitbasics. 2015. *How to Make an Arduino Capacitance Meter*. [Serian online] <http://www.circuitbasics.com/how-to-make-an-arduino-capacitance-meter/> [16 mei 2016].

Gabriel, J. F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EBC.

Griffiths, David J. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. United State of America: Prentice-Hall.

Hairuni, Ratri Indah, Joni Murti Mulyo Aji, dan Jani Januar. 2014. Analisis Trend Produksi dan Impor Gula serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Impor Gula Indonesia. *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian*, ISSN: 2338-8331. **1** (4): 77-85.

Halliday, D. & Resnick, R., Krane, K. S. 1916. *Physics 4th Edition Volume 2 Extended*. Amerika: 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. dan Resnick, R. 1997. *Fisika Edisi Ketiga Jilid 2*. Tejemahan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1997. Jakarta: Erlangga.

Halliday, D. & Resnick. R. 2008. *Fundamental of Physics: Eighth Edition*: England: John Willey & Sons.

Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. S. 1916. *Phisics 4th Edition Volume 2 Extended*.

Hasanah, Uswatun. 2013. *Analisis Pengendalian Kualitas Gula Pada PG. Mojo di Kabupaten Sragen dengan Menggunakan Metode SIX SIGMA – DMAIC*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Hidayanto, Eko, Abdul Rofiq dan Heri Sugito. Aplikasi Portable Brix Meter untuk Pengukuran Indeks Bias. *Jurnal Berkala Fisika*, ISSN: 1410-9662. **13** (4): 113-118.

Juansah & Irmansyah. 2007. *Kajian Sifat Dielektrik Buah Semangka Dengan Pemanfaatan Sinyal Listrik Frekuensi Rendah*. Jurnal Sains MIPA, Desember 2007, Vol.13, Hal.:159-164, ISSN 1978-1873.

Kamajaya. 1984. *Ringkasan Fisika Edisi Pertama*. Jawa Barat: Ganeca Exact Bandung.

Kumalaningsih dan Suprayogi. 2006. *Taramillo (Terung Belanda)*. Surabaya: Trubus Agrisarana.

Learning About Electronics. Tanpa Tahun. Capacitive Voltage Divider. [Serial Online]. <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Capacitive-voltage-divider.php>. [20 Februari 2017].

Maliani, Vitta Puspita. 2011. *Analisis Kandungan Hara N dan P serta Klorofil Tebu Transgenik IPB 1 yang Ditanam di Kebun Percobaan PG Djatiroto, Jawa Timur*. Bogor: IPB.

Maryana, D. 2014. *Pengaruh Penambahan Sukrosa Terhadap Jumlah Bakteri dan Keasaman Whey Fermentasi dengan Menggunakan Kombinasi Lactobacillus plantarum dan Lactobacillus acidophilus*. Makasar. Universitas Hasanuddin.

Mutmainnah, Rofi'i, I dan Purwandhari, E. 2014. Perancangan Aplikasi Pengukuran Kadar Gula (Sukrosa) Nira Tebu dengan Sistem Polariser Dilanjutkan dengan Menggunakan Sistem Interferometer Michelson Presisi Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, ISBN: 970-602-9030-79-2.

Nalwan, P. A. 2004. *Belajar Mikrokontroler AT89S51 dengan bahasa C*. Yogyakarta: Andi.

Nurchahyo, Sidik. 2012. *Aplikasi dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta: Andi.

Nurmasiyah & Khotimah, S. N. 2015. Penentuan Konstanta Dielektrik Larutan NaCl. *Prosiding SKF 2015*, ISBN: 978-602-19655-9-7.

- Nuzula, F., Widodo, C.s. dan Sucipto. Tanpa tahun. *Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi Terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi dengan Metode Dielektrik*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Pain, H. J. 2005. *The Physics of Vibration and Wave Sixth Edition*. England: John Wiley & Sons.
- Pandiangan, Johannes. 2007. *Perancangan dan Penggunaan Photodiode sebagai Sensor Penghindar Dinding Pada Robot Forklift*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Plantamor. 2012. *Informasi Spesies Tomat*. [Serial online]. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=1165> [4 Agustus 2016].
- Pratama, Satria Bagus. 2012. Studi Pembuatan Sirup Tamarillo (Kajian Perbandingan Buah dan Konsentrasi Gula). *Jurnal Industria*. Vol. 1, No. 3, hal. 180-193.
- Putri, Aldilla Dezjona, Sudiarmo dan Titiek Islami. 2013. Pengaruh Komposisi Media Tanam Pada Teknik Bud Chip Tiga Varietas Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, ISSN: 2338-3976. 1 (1): 16-23.
- Raini, M dan Isnawati, A. 2011. *Kajian Khasiat dan Keasaman Stevia Sebagai Pemanis Pengganti Gula*. (Artikel) Media Litbang Kesehatan Vol. 21, No.4.
- Riko dan Muhammad Saleh, 2014. *Penampil Informasi Menggunakan Mikrokontroler Arduino 328 Berbasis Web*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura 2 (1).
- Rofiq, A. 2010. '*Analisa Indeks Bias pada Pengukuran Konsentrasi Larutan Sukrosa Menggunakan Portable Brix Meter*'. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Royyani, M.F dan Lestari V.B. 2009. *Peran Indonesia dalam Penciptaan Peradaban Dunia: Perspektif Botani*. Jakarta: LIPI.

- Saputri, Zaratul Nisa. 2014. *Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino Uno*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Serway & Jewett. 2004. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan oleh Chriswan Sungkono. 2010. Jakarta: Salemba Teknik.
- Setiawan, A. 2010. *Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Suhu dan Kelembaban Udara Menggunakan Mikrokontroler*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sinclair & Dunton. 2007. *Practical Electronic Handbook, Sixth Edition*. Great Britain : Elsevier Ltd.
- Songgrod, P dan Worawat, S. 2015. *Determination of Water added in Raw Milk using Interdigital Capacitor Sensor*. Artikel Mahasarakham University, doi: 10.15199/48.2015.09.65.
- Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Jilid 1. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Tobing, D.L. 1996. *Fisika Dasar 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Widodo, S. 2002. *Elektronika Digital dan Mikroprosesor*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Winarno, F. G. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yaniar, P. A., Wibowo, A. N., dan Setiawan, A. 2014. *Pengukuran Konsentrasi Larutan Gula Menggunakan Sensor Ultrasonik*. Prosiding SEMNAS Sains dan Pendidikan Sains IX, FMIPA, UKSW, Vol. 5, No. 1, ISSN: 2087-0922.

Yurianto, Ade. 2011. *Perancangan Sistem Otomatis dan Data Logger Terintegrasi untuk BTS pada Remote Area*. Depok: Universitas Indonesia.

Zain, A.T. 2015. *Pengukuran Kandungan Gula pada Nira Tebu Menggunakan Fotodetektor*. Jember : Universitas Jember.



LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Pengujian Sistem Alat Kapasitansimeter Arduino Uno

1. Hasil pengujian sensor kapasitansi

Tabel A1. Hasil pengujian sensor kapasitansi dengan bahan dielektrik udara dan aquades

Bahan Dielektrik	C (pF)			κ			$\bar{\kappa}$	$\Delta\kappa$	$\kappa_{referensi}$	D (%)
	1	2	3	1	2	3				
Udara	3,3	3,2	3,2	3,14	3,04	3,04	3,07	0,03	1,00054	207,16
Aquades	75,9	75,9	76,3	75,23	75,23	75,62	75,36	0,13	78	3,38

2. Data hasil pengujian rangkaian kapasitansi meter Arduino Uno

Tabel A.2 Nilai data hasil pengukuran nilai kapasitansi pada kapasitor dengan menggunakan kapasitansimeter CM8601A⁺ dan rangkaian kapasitansimeter Arduino Uno

Nilai tertera di badan Kapasitor (F)	Hasil pengukuran kapasitansi meter CM8601A ⁺ (C1)					Hasil pengukuran kapasitansi meter Arduino Uno (C2)					Selisih hasil pengukuran (F)
	C1					C2 rata-rata (F)					
	1 (F)	2 (F)	3 (F)	rata-rata (F)	$\Delta C1$ (F)	1 (F)	2 (F)	3 (F)	rata-rata (F)	$\Delta C2$ (F)	
82 p (keramik)	83,20p	83,20p	82,70p	83,03p	0,17p	83,10p	83,10p	83,30p	83,17p	0,07p	0,13p
56 p (keramik)	57,10p	57,20p	57,20p	57,17p	0,03p	57,66p	57,63p	57,63p	57,64p	0,01p	0,48p
47 p (keramik)	44,10p	44,40p	44,10p	44,20p	0,10p	44,70p	44,60p	44,70p	44,67p	0,03p	0,47p
10 p (keramik)	10,60p	10,60p	10,50p	10,57p	0,03p	10,55p	10,50p	10,55p	10,53p	0,02p	0,04p
47 n (polyester)	47,20n	47,30n	47,30n	47,27n	0,03n	48,12n	48,26n	48,22n	48,20n	0,04n	0,93n
23 n (polyester)	22,20n	22,20n	22,30n	22,23n	0,03n	23,26n	23,02n	23,07n	23,12n	0,07n	0,88n
5 n (polyester)	6,62n	6,65n	6,62n	6,63n	0,01n	6,60n	6,58n	6,58n	6,59n	0,01n	0,04n
1,5 n (polyester)	1,40n	1,42n	1,42n	1,41n	0,01n	1,28n	1,28n	1,27n	1,28n	0,00n	0,14n
1 u (elektrolit)	1,20u	1,23u	1,22u	1,22u	0,01u	1,37u	1,37u	1,38u	1,37u	0,00u	0,15u
4,7 u (elektrolit)	4,50u	4,50u	4,60u	4,53u	0,03u	4,97u	4,97u	4,84u	4,93u	0,04u	0,39u
10 u (elektrolit)	10,40u	10,30u	10,40u	10,37u	0,03u	10,96u	10,94u	10,92u	10,94u	0,01u	0,57u
22 u (elektrolit)	22,90u	23,00u	23,00u	22,97u	0,03u	23,52u	23,52u	23,39u	23,48u	0,04u	0,51u

Lampiran B. Data Hasil Pengukuran Dielektrik dan Prosentase konsentrasi Gula pada Sukrosa

3. Hasil kalibrasi sistem alat kapasitansimeter Arduino Uno

Tabel B.1 Hasil pengukuran kalibrasi alat kapasitansimeter Arduino Uno dengan bahan dielektrik udara

C (pF)			k			k rata-rata	k referensi	Deskripsi (%)
1	2	3	1	2	3			
2,95	2,90	3,00	1,05000	1,08000	1,11000	1,08000	1,00054	7,94

Tabel B.2 Hasil pengukuran kalibrasi alat kapasitansimeter Arduino Uno dengan bahan dielektrik aquades

C (pF)			k			k rata-rata	Δk	k referensi	D (%)	F. koreksi
1	2	3	1	2	3					
191,90	210,78	190,34	77,90	78,60	77,20	77,90	0,40	78,00	0,1282	0,10

4. Hasil pengukuran dielektrik sukrosa

Tabel B.3 Hasil pengukuran konstanta dielektrik dengan menggunakan kapasitansimeter Arduino Uno

Konsentrasi	C1(pF)	C2(pF)	C3(pF)	C rata-rata (pF)	ΔC (pF)	k1	k2	k3	k rata-rata	Δk
0%	191,10	206,38	193,70	197,06	1,93	77,51	79,68	76,52	77,90	0,38
3%	195,22	204,86	196,48	198,85	1,24	77,50	79,61	76,48	77,86	0,38
6%	193,60	197,23	186,86	192,56	1,24	76,90	78,64	75,45	77,00	0,38
9%	189,19	194,49	181,48	188,39	1,54	76,40	77,12	72,62	75,38	0,57
12%	187,67	192,52	180,84	187,01	1,38	76,00	76,56	73,41	75,32	0,40
15%	186,23	191,46	183,20	186,96	0,98	75,90	75,86	71,86	74,54	0,55
18%	184,88	188,42	178,49	183,93	1,19	75,40	75,40	69,46	73,42	0,81
21%	184,16	186,59	172,26	181,00	1,81	74,00	75,00	64,58	71,19	1,36
24%	183,39	184,62	170,56	179,52	1,84	73,40	74,83	62,78	70,34	1,55
27%	181,81	174,64	168,58	175,01	1,56	71,40	74,42	60,68	68,83	1,70
30%	181,13	169,36	165,38	171,96	1,93	70,60	73,88	58,48	67,65	1,91

5. Hasil pengukuran prosentase konsentrasi gula

Tabel B.4 Nilai hasil pengukuran prosentase konsentrasi gula dengan menggunakan kapasitansimeter Arduino UNO

Konsentrasi Larutan (%)	% Kadar gula (%)			
	n ₁	n ₂	n ₃	rata-rata
0	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,00	2,60	4,60	3,40
6	5,50	6,48	8,60	6,86
9	8,50	10,60	11,40	10,17
12	11,00	13,80	12,70	12,50
15	14,00	17,50	16,40	15,97
18	17,20	20,20	19,45	19,08
21	19,70	18,20	22,10	20,00
24	23,40	26,20	25,90	25,17
27	25,80	26,58	23,40	25,26
30	29,50	27,40	26,50	27,80

Tabel B.5 Hasil pengukuran % Brix refraktometer digital (%) pada larutan gula

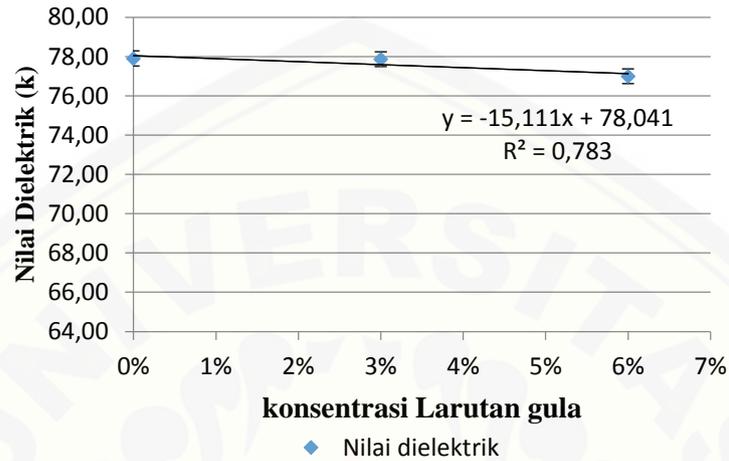
Konsentrasi Larutan (%)	% Brix (%)			
	n ₁	n ₂	n ₃	rata-rata
0	0,00	0,00	0,00	0,00
3	2,70	2,80	2,80	2,77
6	5,60	5,60	5,60	5,60
9	8,40	8,40	8,40	8,40
12	10,80	10,90	10,83	10,83
15	13,10	13,20	13,17	13,17
18	17,80	17,80	17,80	17,80
21	18,80	18,80	18,80	18,80
24	22,10	22,20	22,30	22,20
27	25,40	25,40	25,43	25,43
30	27,20	27,30	27,30	27,27

Tabel B.6 Hasil pengukuran % kadar gula dengan menggunakan perhitungan matematis, refraktometer dan kapasitansimeter Arduino Uno

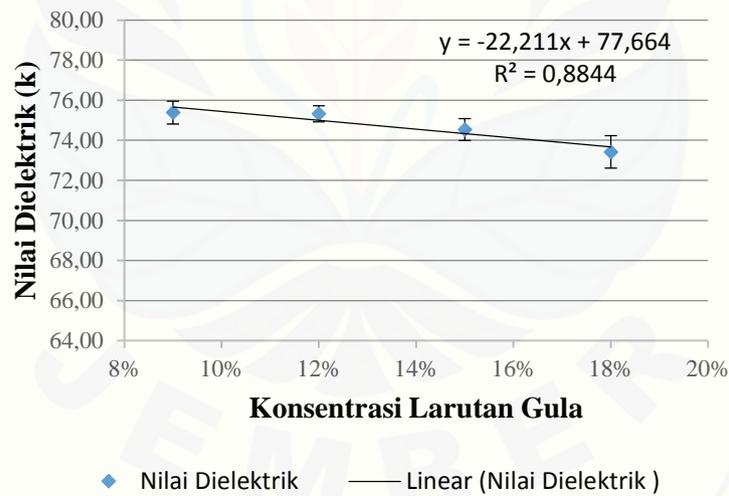
Percobaan ke-	Hasil pengukuran konsentrasi gula menggunakan												D(%)	SD
	Perhitungan matematis (%)	Refraktometer (%)					Kapasitansimeter Arduino UNO(%)							
		1	2	3	rata-rata	Δn	1	2	3	rata-rata	Δn			
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	3	2,70	2,80	2,80	2,77	0,03	3,00	2,60	4,60	3,40	0,61	13,33	0,61	
2	6	5,60	5,60	5,60	5,60	0,00	5,50	6,48	8,60	6,86	0,91	14,33	0,91	
3	9	8,40	8,40	8,40	8,40	0,00	8,50	10,60	11,40	10,17	0,86	12,96	0,86	
4	12	10,80	10,80	10,90	10,83	0,03	11,00	13,80	12,70	12,50	0,81	4,17	0,81	
5	15	13,10	13,20	13,20	13,17	0,03	14,00	17,50	16,40	15,97	1,03	6,44	1,03	
6	18	17,80	17,80	17,80	17,80	0,00	17,20	20,20	19,85	19,08	0,95	6,02	0,95	
7	21	18,80	18,80	18,80	18,80	0,00	19,70	18,20	22,10	20,00	1,14	4,76	1,14	
8	24	22,10	22,20	22,30	22,20	0,06	23,40	26,20	25,90	25,17	0,89	4,87	0,89	
9	27	25,40	25,40	25,50	25,43	0,03	25,80	26,58	23,40	25,26	0,96	6,44	0,96	
10	30	27,20	27,30	27,30	27,27	0,03	29,50	27,40	26,50	27,80	0,89	7,33	0,89	

6. Grafik hasil penelitian

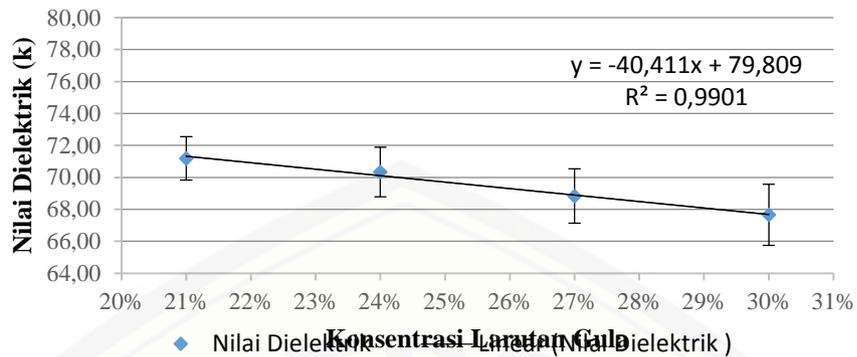
- Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan Gula Terhadap konstanta dielektrik dengan menggunakan rangkaian kapasitansimeter Arduino Uno



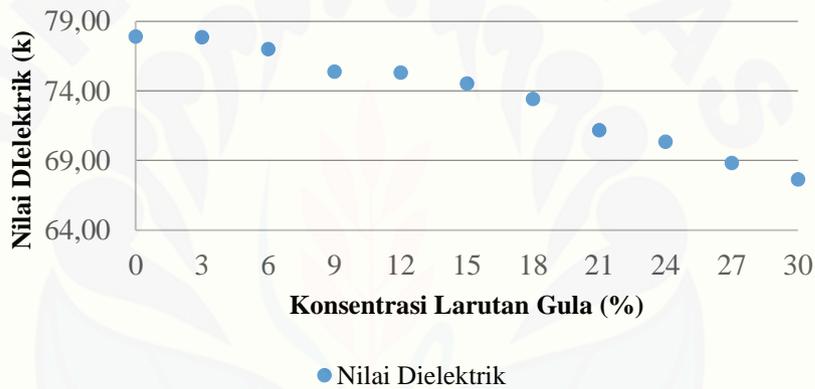
Gambar B1. grafik hubungan nilai dielektrik terhadap konsentrasi larutan pada range 0%-6%



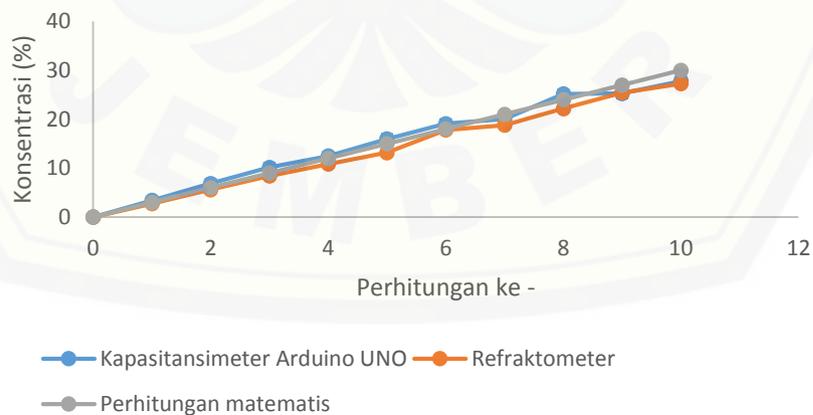
Gambar B2. grafik hubungan nilai dielektrik terhadap konsentrasi larutan pada range 9% - 18%



Gambar B3. grafik hubungan nilai dielektrik terhadap konsentrasi larutan pada range 21% - 30%



Gambar B4. grafik hubungan nilai dielektrik terhadap konsentrasi larutan gula secara keseluruhan pada range 0% - 30%



Gambar B1. Grafik perbandingan pengukuran konsentrasi larutan gula dari alat kapasitansimeter Arduino UNO, perhitungan matematis dan refraktometer digital