



**DESAIN SENSOR KAPASITIF UNTUK
PENENTUAN LEVEL AQUADES**

SKRIPSI

Oleh:

Faridatul Hasanah

111810201057

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**DESAIN SENSOR KAPASITIF UNTUK
PENENTUAN LEVEL AQUADES**

SKRIPSI

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

Oleh:

Faridatul Hasanah

111810201057

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

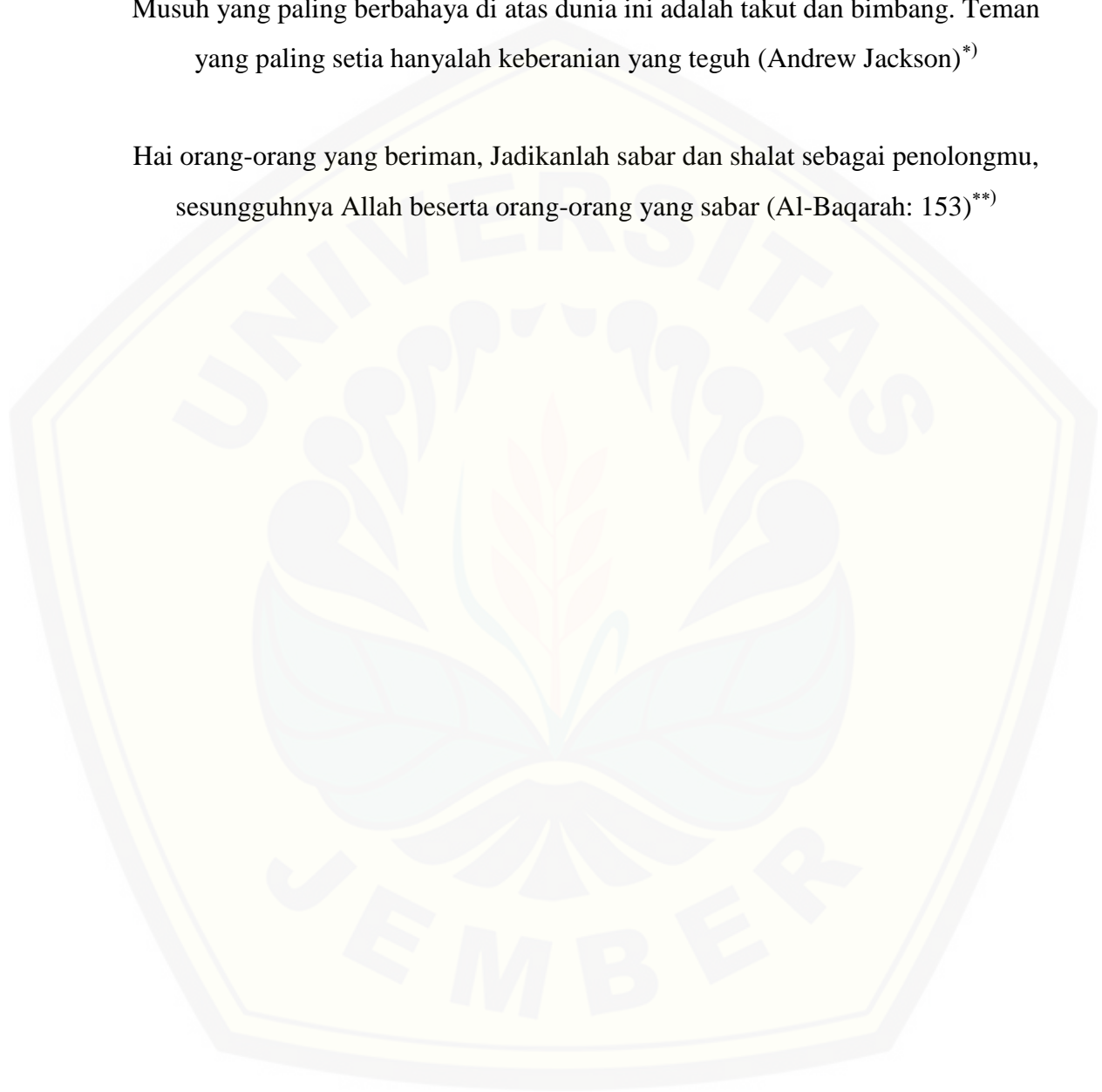
Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh syukur dan terima kasih untuk:

1. Kedua orang tua Lulu'il Faizah dan Jauhari Fadol yang tercinta serta keluarga di rumah, terima kasih atas segala kasih sayang, dukungan moral dan materil, nasihat, sejuta kesabaran, serta untaian do'a yang selalu mengiringi langkah adinda untuk mencapai keberhasilan;
2. Guru – guru tercinta sejak taman kanak - kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya;
3. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah takut dan bimbang. Teman yang paling setia hanyalah keberanian yang teguh (Andrew Jackson)^{*)}

Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar (Al-Baqarah: 153)^{**)}



^{*)} www.maribelajarbk.web.id

^{**)} Terjemahan Qs. Al-Baqarah: 153.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faridatul Hasanah

NIM : 111810201057

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades” 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, Mei 2016

Yang menyatakan,

Faridatul Hasanah

NIM 111810201057

SKRIPSI

**DESAIN SENSOR KAPASITIF UNTUK
PENENTUAN LEVEL AQUADES**

Oleh:

Faridatul hasanah

111810201057

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari, Tanggal :

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

Tim Penguji,

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota),

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.

Ir. Misto, M. Si.

NIP. 197202101998021001

NIP. 195911211991031002

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.

Nurul Priyantari, S.Si., M. Si.

NIP. 197208201998021001

NIP. 197003271997022001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph. D.

NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades; Faridatul Hasanah, 111810201057; 2016: 45 Halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kapasitor merupakan komponen listrik yang dapat menyimpan muatan listrik dan juga dapat digunakan pada rangkaian elektronika, salah satunya adalah kapasitor pelat sejajar yang terdiri dari dua pelat konduktor ditempatkan berdekatan yang dipisahkan oleh bahan isolator. Dalam aplikasi lain kapasitor dapat digunakan sebagai sensor kapasitif yang merupakan suatu sensor yang dapat mendeteksi suatu level dari medium dengan menentukan kapasitansi dan konstanta dielektrik.

Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik dinyatakan sebagai kapasitansi, dimana nilai kapasitansi dari suatu kapasitor pelat sejajar bergantung pada ukuran pelat (jarak antar pelat dan luas penampang pelat) dan jenis bahan dielektrik yang digunakan. Penelitian ini menggunakan aquades sebagai salah satu medium yang digunakan sebagai bahan dielektrik. Aquades adalah air dari hasil penyulingan dan memiliki kandungan murni H_2O . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan level aquades serta untuk mengetahui hubungan antara level aquades dengan nilai kapasitansi. Penelitian ini menggunakan metode kapasitif dimana kapasitor pelat sejajar sebagai sensor kapasitif dihubungkan dengan rangkaian kapasitor dan osiloskop untuk mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran sehingga diperoleh nilai kapasitansi. Perubahan level aquades sebagai bahan dielektrik akan berdampak pada perubahan nilai kapasitansi sehingga nilai tegangan yang terukur melalui osiloskop juga akan mengalami perubahan. Ketinggian yang digunakan adalah 2 cm sampai 20 cm dengan jarak antar pelat 2 cm dan lebar pelat 4,5 cm.

Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik aquades yang diperoleh kemudian dihitung berdasarkan tegangan masukan, tegangan keluaran dan volume aquades.

Hasil nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik aquades pada penelitian dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data hasil perhitungan dan data hasil eksperimen. Data hasil perhitungan nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik aquades pada volume aquades 180 mL secara teori diperoleh sebesar 310 pF dan 78, sedangkan nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik aquades secara eksperimen adalah sebesar 264 pF dan 79,2. Pada penelitian ini data hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa ada hubungan antara volume aquades dengan nilai kapasitansi yaitu volume aquades semakin meningkat menyebabkan nilai kapasitansi yang diukur semakin besar. Namun, data hasil eksperimen menunjukkan bahwa ada beberapa hasil yang tidak konsisten yaitu kenaikan volume aquades tidak menyebabkan kenaikan nilai kapasitansi.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, terdapat hubungan nilai kapasitansi dan volume aquades dengan menggunakan sensor kapasitif. Volume aquades merupakan representasi dari level aquades karena luas penampang pelat yang konstan sehingga terdapat grafik hubungan level aquades terhadap nilai kapasitansi, sehingga dengan memasukkan nilai kapasitansi ke dalam persamaan linier yang ditunjukkan pada grafik hubungan level aquades terhadap nilai kapasitansi maka dapat diperoleh nilai level aquades yang ingin ditentukan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

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

1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si., dan Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritikan dalam skripsi ini;
3. Kedua orang tua Lulu'il Faizah dan Jauhari Fadol yang telah memberikan dukungan dan do'a yang tak pernah henti;
4. Adik tercinta Hanifatun Nikmah atas canda, senyum, semangat serta doa yang telah memberikan keindahan di dalam hidupku;
5. Terima kasih kepada seluruh keluarga di rumah yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan selama perjalanan hidup;
6. R. Hairullah yang selalu memberikan doa, nasehat serta menjadi sahabat terbaik saya;
7. Holili Nur arivah, Luluk Mukarromah, Rofiatun dan teman - teman GP'11 atas semangat dan dukungannya;
8. Guru – guru tercinta sejak taman kanak - kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya;
9. Seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

10. Teman - teman kos Nias Cluster B-3 terima kasih telah menjadi keluarga selama masa perkuliahan;

11. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis selalu membuka diri untuk menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aquades	5
2.1.1 Pengertian Aquades	5
2.1.2 Karakteristik Aquades.....	6
2.2 Kapasitor Dan Konstanta Dielektrik	8
2.2.1 Kapasitor	8

2.2.2 Konstanta Dielektrik	10
2.3 Sensor Kapasitif	13
2.4 Osiloskop.....	18
2.5 Generator Fungsi	24
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	26
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....	26
3.2.1 Alat Penelitian.....	26
3.2.2 Bahan Penelitian	26
3.3 Prosedur Penelitian.....	27
3.3.1 Diagram Penelitian	27
3.3.2 Studi Pustaka.....	28
3.3.3 Penyusunan Alat Penelitian	28
3.3.4 Kalibrasi Alat Penelitian.....	30
3.3.5 Proses Pengambilan Data.....	30
3.3.6 Proses Pengolahan Data.....	31
3.4 Analisa Data	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Data Hasil Perhitungan	35
4.1.2 Data Hasil Eksperimen	36
4.2 Pembahasan.....	37
BAB 5. PENUTUP.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

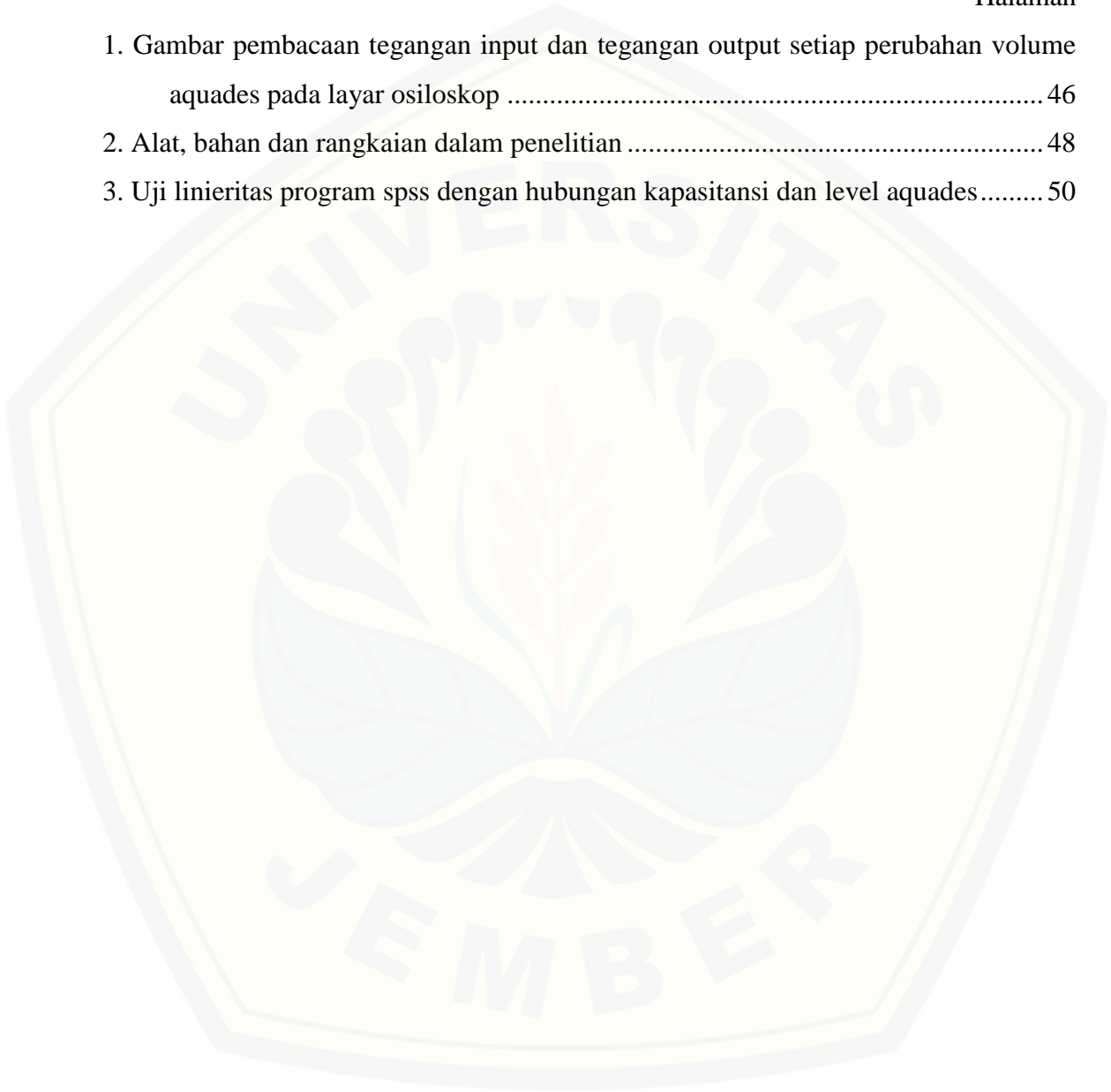
	Halaman
2. 1 Sifat - sifat penting pada aquades.....	7
2. 2 Nilai kosntanta dielektrik suatu bahan	12
2. 3 Bagian - bagian dan fungsi osiloskop	18
4. 1 Data hasil perhitungan kapasitansi terhadap volume aquades secara teori.....	35
4. 2 Data hasil pengukuran kapasitansi terhadap volume aquades secara eksperimen	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2. 1 Aquades.....	5
2. 2 Struktur kimia pada aquades	6
2. 3 Kapasitor pelat sejajar	9
2. 4 Dipol listrik acak bahan dielektrik	11
2. 5 Dipol listrik acak yang terpolarisasi oleh medan listrik.....	11
2. 6 Dipol listrik dengan medan listrik sama dengan nol.....	12
2. 7 Rangkaian sensor kapasitif.....	13
2. 8 Ketinggian air di titik referensi	15
2. 9 Alat ukur tinggi permukaan dengan pengukuran kapasitif	16
2. 10 Osiloskop	18
2. 11 Osiloskop analog.....	22
2. 12 Osiloskop digital	22
2. 13 Generator fungsi.....	24
2. 14 Gelombang pada generator fungsi	25
3. 1 Diagram alir penelitian.....	27
3. 2 Desain alat penelitian	29
4. 1 Grafik hubungan antara nilai kapasitansi dengan level aquades.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Gambar pembacaan tegangan input dan tegangan output setiap perubahan volume aquades pada layar osiloskop	46
2. Alat, bahan dan rangkaian dalam penelitian	48
3. Uji linieritas program spss dengan hubungan kapasitansi dan level aquades	50



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk melakukan pengukuran parameter fisis seperti suhu, tekanan, ketinggian, diperlukan sebuah alat yaitu sensor. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik (Nugroho *et al.*, 2013) sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Ada beberapa prinsip transduksi yang bisa digunakan dalam pengukuran ketinggian permukaan aquades yaitu seperti resistif dan kapasitif.

Kapasitor pada umumnya sering digunakan pada rangkaian elektronika. Namun selain itu, kapasitor juga memiliki aplikasi lain untuk digunakan sebagai sensor kapasitif. Sensor kapasitif dapat digunakan untuk mendeteksi suatu level atau ketinggian dari medium dengan menentukan nilai konstanta dielektrik. Perbedaan nilai konstanta dielektrik dari setiap level akan menunjukkan perbedaan nilai kapasitansi yang terukur oleh sensor tersebut. Pengukuran level atau ketinggian dalam prakteknya menggunakan sensor kapasitif bisa bervariasi dalam hal kesamaan jarak antar pelat kapasitor, jenis cairan yang digunakan, dan tempat yang digunakan dalam pengukuran.

Kapasitor merupakan komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Salah satu jenis kapasitor adalah kapasitor pelat sejajar yang terdiri dari dua pelat konduktor ditempatkan berdekatan yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Jika kedua pelat dengan luas penampang A dan berjarak antar pelat d , diberi tegangan listrik V , maka muatan Q yang dapat disimpan dalam kapasitor sebanding dengan tegangan listrik yang diberikan dan luas penampang pelat, tetapi berbanding terbalik dengan jarak antara kedua pelat tersebut (Sutrisno, 1983).

Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan dinyatakan sebagai kapasitansi listrik (Komisah, 2001). Nilai kapasitansi dari suatu kapasitor pelat sejajar bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua pelat konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang dikenal dengan istilah dielektrik. Bahan ini merupakan bahan non-konduktor yang tidak memiliki elektron-elektron bebas sehingga tidak dapat mengalirkan listrik tetapi bahan dielektrik yang bergerak bebas dipengaruhi oleh medan listrik (Nuzula *et al.*, 2014).

Aquades merupakan salah satu medium yang dapat digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor pelat sejajar (Nugroho *et al.*, 2013). Sifat terpenting pada suatu aquades adalah konstanta dielektrik dimana Nuzula dan Widodo (2014) mengemukakan bahwa konstanta dielektrik adalah ukuran kemampuan bahan menyimpan energi listrik dan kemampuan untuk mengubah energi elektromagnetik menjadi panas. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik.

Pengukuran level atau ketinggian banyak dilakukan dalam bidang teknik atau industri seperti level cairan pendingin pada mesin, level atau ketinggian air sungai dan lain sebagainya. Berbagai jenis alat ukur yang digunakan tergantung dari banyak faktor, misalnya objek yang di ukur serta hasil yang diinginkan. Ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam pengukuran level atau ketinggian antara lain ultrasonik, pulsa echo, pulsa radar, tekanan/hidrostatik, berat/tegangan gauge, konduktivitas, kapasitif. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh Magusti (2013) telah dicoba untuk membuat sebuah sistem pemantauan level permukaan air laut sederhana dengan metode kapasitif dengan mikrokontroler. Sistem ini mampu memberikan gambaran atau informasi ketinggian suatu permukaan laut dari pengukuran nilai kapasitansi pada kapasitor plat sejajar (paralel). Dalam mikrokontroler sinyal masukan dari rangkaian osilator, nilai kapasitor dan resistor diubah ke dalam frekuensi dalam bentuk sinyal kotak. Kemudian nilai frekuensi ini diolah dalam mikrokontroler dengan output level ketinggian.

Karakteristik dielektrik suatu bahan dipengaruhi oleh adanya unsur-unsur yang terkandung dan terlarut dalam bahan tersebut (Bonggas, 2003). Seperti halnya air laut dan air sungai memiliki unsur terlarut yang berbeda sehingga dapat mempengaruhi nilai dielektriknya yang pada akhirnya juga dapat mempengaruhi nilai kapasitansi pada kapasitor pelat sejajar yang menggunakan medium dielektrik air. Dalam penelitian tugas akhir ini, akan dilakukan penentuan level atau ketinggian melalui pengukuran nilai kapasitansi dari kapasitor pelat sejajar yang menggunakan air murni (aquades) tersebut sebagai bahan dielektriknya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan level (ketinggian) aquades serta untuk mengetahui hubungan antara level aquades dengan nilai kapasitansi sehingga dapat dijadikan perbandingan karakteristik dielektrik antara aquades dengan jenis air yang lain seperti misalnya air laut. Selanjutnya hasil penelitian ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sifat dielektrik berbagai jenis air.

Penelitian ini menggunakan metode kapasitif dengan menentukan nilai kapasitansi pada kapasitor pelat sejajar dengan mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran pada rangkaian sensor kapasitif yang dihubungkan dengan osiloskop. Nilai tegangan ini dapat dikonversi menjadi nilai kapasitansi melalui persamaan yang telah ditentukan. Perubahan level aquades sebagai bahan dielektrik akan berdampak pada perubahan nilai kapasitansi sehingga nilai tegangan yang terukur melalui osiloskop juga akan mengalami perubahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai kapasitansi pada aquades berdasarkan volume yang didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan sensor kapasitif ?

2. Bagaimana menentukan level aquades dari hasil pengukuran menggunakan sensor kapasitif ?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan yang diukur levelnya adalah aquades
2. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor pelat sejajar
3. Pembacaan tegangan keluaran rangkaian dilakukan menggunakan osiloskop
4. Ketinggian aquades yang digunakan adalah 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm, 18 cm, dan 20 cm.
5. Suhu yang digunakan adalah suhu ruang yang dianggap konstan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh volume aquades terhadap nilai kapasitansi
2. Untuk menentukan level aquades dengan menggunakan sensor kapasitif

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tambahan tentang hubungan nilai kapasitansi kapasitor pelat sejajar dengan volume aquades yang digunakan sebagai bahan dielektriknya. Selain itu penelitian ini juga memberikan gambaran pengukuran level aquades dengan metode kapasitif serta diharapkan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aquades

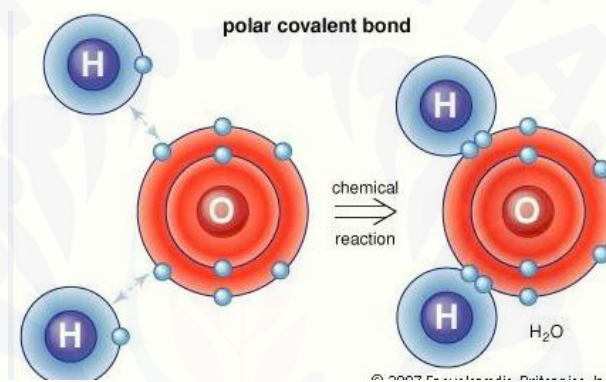
2.1.1 Pengertian Aquades

Air murni (aquades) merupakan suatu pelarut yang penting dan memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik sehingga aquades disebut sebagai *pelarut universal*. Aquades berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, aquades dapat dideskripsikan sebagai asosiasi (ikatan antara sebuah ion hidrogen (H^-) dengan sebuah ion hidroksida (OH^+)) (Suryana, 2013). Rumondor dan Porotu'o (2014) mengemukakan bahwa aquades merupakan air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan seperti pada gambar 2. 1. Aquades aman bagi kesehatan apabila telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif.



Gambar 2. 1 Aquades (Sumber: Rumondor dan porotu'o, 2014).

Dalam penelitian Petrucci (2008), dikatakan bahwa aquadestilata (aquades) adalah air dari hasil penyulingan (diuapkan dan disejukan kembali) dan memiliki kandungan murni H_2O . Aquades juga memiliki rumus kimia yaitu H_2O yang berarti dalam 1 molekul terdapat 2 atom hidrogen kovalen dan atom oksigen tunggal. Aquades bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Adapun rumus kimia pada aquades adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Struktur kimia pada aquades (Sumber: Petrucci, 2008).

Dalam arti lain, aquades juga memiliki sifat - sifat fisika di antaranya viskositas yaitu 1.002 centipoise pada 20° C.

2.1.2 Karakteristik Aquades

Pada dasarnya aquades bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar. Aquades merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen (Suryana, 2013). Adanya ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan aquades mempunyai sifat - sifat penting seperti pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Sifat - sifat penting pada aquades

Sifat	Efek dan Kegunaan
Pelarut yang sangat baik	Transport zat- zat makanan dan bahan buangan yang dihasilkan proses biologi
Konstanta dielektrik paling tinggi di antara cairan murni lainnya	Kelarutan dan ionisasi dari senyawa ini tinggi dalam larutannya
Transparan terhadap cahaya tampak dan sinar yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dari untraviolet	Tidak berwarna, mengekibatkan cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis mencapai kedalaman tertentu
Tegangan permukaan lebih tinggi daripada cairan lainnya	Faktor pengendali dalam fisiologi; membentuk fenomena tetes dan permukaan
Bobot jenis tertinggi dalam bentuk cairan (fasa cair) pada 4°C	Air beku (es) mengapung, sirkulasi vertikal menghambat stratifikasi badan air
Panas penguapan lebih tinggi daripada lainnya	Menentukan transfer panas dan molekul air antara atmosfer dan badan air
Kapasitas kalor lebih tinggi dibandingkan dengan cairan lain kecuali ammonia	Stabilitas dari temperatur organisme dan wilayah geografis
Panas laten dan peleburan lebih tinggi daripada cairan lain kecuali ammonia	Temperatur stabil pada titik beku

Sumber: (Achmad, 2004).

Beberapa karakteristik penting dari aquades diberikan dalam uraian berikut. Achmad (2004) mengemukakan bahwa air mempunyai konstanta dielektrik yang sangat tinggi sehingga berpengaruh besar terhadap sifat-sifat pelarutnya, hal ini menyebabkan banyak sekali senyawa ionik berdisosiasi dalam aquades. Selain itu aquades memiliki kapasitas kalor yang cukup tinggi yaitu $1 \text{ kal g}^{-1} \text{ C}^{-1}$ sehingga menyebabkan kalor yang diperlukan untuk merubah suhu dari sejumlah massa yang cukup tinggi.

Selanjutnya, aquades memiliki tegangan permukaan yang tinggi dan dapat menyebabkan aquades memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*). Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil). Dengan adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang

baik, sehingga dapat membawa nutrisi dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang, dan daun) (Effendi, 2003).

2.2 Kapasitor Dan Konstanta Dielektrik

2.2.1 Kapasitor

Kapasitor merupakan sebuah komponen listrik yang dapat menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua benda yaitu penghantar (biasanya pelat atau lembaran) yang diletakkan berdekatan tetapi tidak saling menyentuh dan membawa muatan yang sama besar dan berlawanan. Jika kedua pelat kapasitor tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan (baterai), maka pada keduanya akan timbul muatan. Satu pelat mendapat muatan negatif dan yang lainnya mendapat muatan positif dengan jumlah yang sama. Menurut Tipler (1991) bahwa kapasitor mempunyai sifat - sifat penting dalam elektronika yaitu:

1. Dapat menyimpan dan mengosongkan muatan listrik
2. Tidak dapat mengalirkan arus searah (DC)
3. Dapat mengalirkan arus bolak - balik (AC)
4. Dapat memperhalus riak yang terjadi ketika arus bolak - balik (AC) di konversikan menjadi arus searah (DC) pada catu daya.

Putra dan Rivai (2013) menyatakan bahwa kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan sangat besar. Hal ini dapat disebutkan bahwa kapasitor sebagai sensor kapasitif yang dapat merespon berbagai hal berikut seperti:

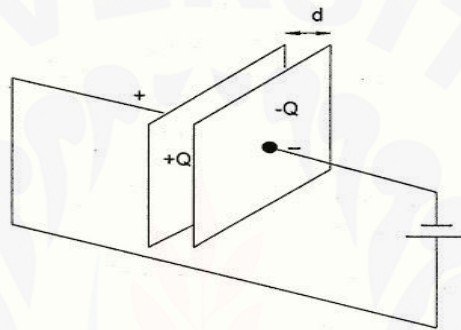
1. Gerakan, komposisi kimia, dan medan listrik.
2. Variabel yang telah dikonversi terlebih dahulu menjadi konstanta gerak maupun elektrik, seperti: tekanan, percepatan, tinggi, dan komposisi fluida
3. Dengan menggunkan elektroda konduktif dengan dielektrik

Untuk suatu kapasitor tertentu, jumlah muatan Q yang didapat oleh setiap pelat sebanding dengan beda potensial V :

$$Q = CV \tag{2.1}$$

Konstanta perbandingan C , pada hubungan ini disebut kapasitansi. Nilai kapasitansi ini tidak bergantung pada Q maupun V . Nilai C adalah konstanta untuk kapasitor tertentu (Sutrisno, 1983).

Kapasitor merupakan dua keping konduktor yang dipisahkan oleh suatu isolator (udara, hampa atau suatu material tertentu). Secara skematis kapasitor dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 2. 3 Kapasitor pelat sejajar (Sumber: Marappung, 1989).

Kapasitansi kapasitor pelat sejajar bergantung hanya pada luas pelat dan jarak antara kedua pelat (Marappung, 1989).

Untuk kapasitor pelat sejajar yang masing-masing memiliki luas A dan dipisahkan oleh jarak d yang berisi udara, maka secara umum nilai kapasitansi tanpa bahan dielektrik (hampa) dengan persamaan :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.2)$$

Dimana ϵ_0 adalah konstanta permitivitas vakum yang bernilai $8,85 \times 10^{-12}$ F/m. Dengan menempatkan bahan dielektrik K diantara kedua pelat sejajar maka nilai kapasitansi akan meningkat. Hal tersebut persamaan yang digunakan adalah:

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d} = K C_0 \quad (2.3)$$

Sehingga konstanta dielektrik suatu bahan adalah :

$$K = \frac{C}{C_0} \quad (2.4)$$

Dimana C dan C_0 adalah kapasitansi suatu bahan (F) dan kapasitansi ruang vakum (F) (Maulana, 2009).

Sasongko (2013) menyatakan ketika ruang diantara dua konduktor pada suatu kapasitor diisi dengan dielektrik, kapasitansi naik sebanding dengan faktor k yang merupakan karakteristik dielektrik dan disebut sebagai konstanta dielektrik. Kenaikan kapasitansi disebabkan oleh melemahnya medan listrik diantara keping kapasitor. Dengan demikian, untuk jumlah muatan tertentu pada keping kapasitor, beda potensial menjadi lebih kecil dan kapasitansi kapasitor akan bertambah besar. Besarnya kapasitansi suatu kapasitor bergantung pada bahan dielektrik yang digunakan, luas penampang pelat (A), dan jarak antara kedua pelat (d) seperti yang telah dituliskan dalam persamaan (2.3). Bahan dielektrik pada suatu kapasitor menghambat aliran arus antar pelatnya.

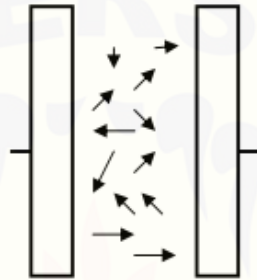
Suatu kapasitans dengan kemampuan untuk menyimpan muatan maka semakin besar nilai kapasitan dari kapasitas semakin banyak muatan yang dapat disimpannya. Kondisi ini terjadi dengan tangki air, dimana semakin besar kapasitas tangki maka semakin banyak air yang dapat disimpannya. Hal ini dapat dibandingkan bahwa nilai kapasitansi dapat dipengaruhi dari setiap perubahan volume atau level air (Daryanto, 2011).

2.2.2 Konstanta Dielektrik

Konstanta dielektrik adalah suatu bilangan konstan yang besarnya tergantung pada sistem yang digunakan serta bahan yang digunakan. Sedangkan sistem yang digunakan adalah nilai kapasitor yang dibentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh ruang hampa dengan nilai kapasitor yang terbentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh dua bahan dielektrik (Kamaya, 1984).

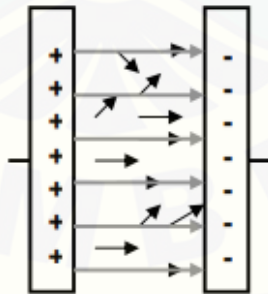
Bahan dielektrik adalah bahan yang jika tidak terdapat medan listrik bersifat isolator, namun jika ada medan listrik yang melewatinya, maka akan terbentuk dipol - dipol listrik yang arah medan magnetnya melawan medan listrik semula. Adapun gambar kapasitor pelat sejajar dengan arah medan adalah:

1. Sebelum adanya muatan pada kedua pelat, bahan dielektrik memiliki dipol acak sehingga bersifat isolator.



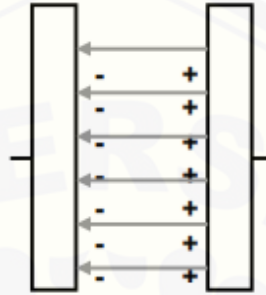
Gambar 2. 4 Dipol listrik acak bahan dielektrik (Sumber: Mujib dan Muntini, 2013).

2. Setelah pelat bermuatan yang menghasilkan medan listrik ke arah kanan, muatan pada dielektrik terpolarisasi oleh medan listrik. Muatan positif perlahan menuju pelat negatif dan muatan negatif ke pelat positif.



Gambar 2. 5 Dipol listrik acak yang terpolarisasi oleh medan listrik (Sumber: Mujib dan Muntini, 2013).

3. Akibatnya terdapat medan listrik baru pada dielektrik yang melawan medan listrik semula yang saling menghilangkan, sehingga medan listrik total menjadi nol dan arus berhenti mengalir.



Gambar 2. 6 Dipol listrik dengan medan listrik sama dengan nol (Sumber: Mujib dan Muntini, 2013).

Bentuk dan jenis kapasitor beragam macamnya, salah satu jenis kapasitor yaitu kapasitor pelat sejajar (Mujib dan Muntini, 2013).

Untuk beberapa jenis bahan, nilai konstanta dielektriknya telah diketahui berdasarkan eksperimen. Beberapa nilai konstanta dielektrik bahan diberikan dalam tabel 2. 2. Nilai - nilai konstanta dielektrik diperoleh berdasarkan pada temperatur kamar dan dengan kondisi tersebut medan listrik E di dalam dielektrik tidak berubah dengan waktu (Halliday, 1988).

Tabel 2. 2 Nilai kosntanta dielektrik suatu bahan

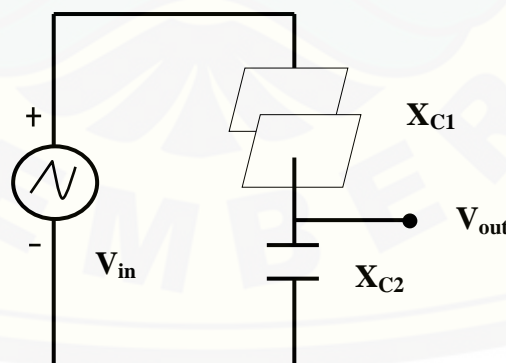
Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
Vakum	1	~
Udara	1,00054	0,8
Air	78	-
Kertas	3,5	14
Mika merah delima	5,4	160
Porcelen	6,5	4
Kwarsa lebur	3,8	8
Gelas pirex	4,5	13

Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
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	100	6
Polistiren	2,6	25

Sumber : (Halliday, 1988).

2.3 Sensor Kapasitif

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor ini juga bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrikum sensor kapasitif tersebut (Nuwaiir, 2009). Wahyudi (2009) menyatakan konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrikum. Berikut ini gambar rangkaian sensor kapasitif:



Gambar 2. 7 Rangkaian sensor kapasitif (Sumber: Nuwaiir, 2009).

Sensor pada gambar 2.7 dapat mendeteksi bahan padat dan bahan cair, tidak hanya bahan feromagnetik, plastik, kayu, dan cairan lain juga dapat dideteksi. Nuwair, (2009) menyatakan bahwa sifat - sifat sensor kapasitif yang dimanfaatkan dalam pengukuran adalah:

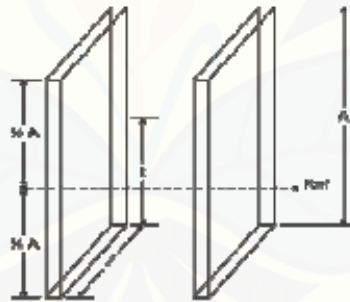
1. Jika luas permukaan dan dielektrika (udara) konstan, maka perubahan nilai kapasitansi ditentukan oleh jarak antara kedua lempeng logam.
2. Jika luas permukaan dan jarak kedua lempeng logam konstan dan volume dielektrikum dapat dipengaruhi maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh volume atau ketinggian cairan elektrolit yang diberikan.
3. Jika jarak dan dielektrikum (udara) konstan, maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh luas permukaan kedua lempeng logam yang saling berdekatan.

Rangkaian sensor kapasitif yang digunakan berupa dua buah lempeng logam yang diletakkan sejajar dan saling berhadapan. Jika diberi beda tegangan antara kedua lempeng logam, maka akan timbul kapasitansi antara kedua logam tersebut. Nilai kapasitansi yang ditimbulkan berbanding lurus dengan luas permukaan lempeng logam, berbanding terbalik dengan jarak antara kedua lempeng dan berbanding lurus dengan zat antara kedua lempeng tersebut (dielektrika) (Putra *et al.*, 2013). Beberapa aplikasi yang dapat dibuat dengan sensor kapasitif diantaranya adalah:

1. Sensor tekanan: menggunakan sebuah membran yang dapat merenggang sehingga tekanan dapat dideteksi dengan menggunakan spacing-sensitive detector.
2. Sensor berat: menggunakan perubahan nilai kapasitansi diantara kedua plat yang jarak kedua pelat berubah sesuai beban berat yang diterima.
3. Ketinggian cairan: menggunakan perubahan nilai kapasitansi antara kedua pelat konduktor yang dicelupkan kedalam cairan.
4. Jarak: jika sebuah objek metal mendekati elektroda kapasitor, didapat nilai kapasitansi yang berubah-ubah.
5. Layar sentuh: dengan menggunakan X-Y tablet.

6. Shaft angle or linear position: dengan menggunakan metode multiplate, kapasitif sensor dapat mengukur angle atau posisi.

Nugroho *et al* (2013) menyatakan bahwa rancangan sensor berbasis kapasitif dibuat sesuai dengan landasan teori yang telah dipelajari. Sensor kapasitif yang dirancang berupa kapasitor dengan konduktor berupa pelat sejajar yang berbentuk persegi panjang. Konduktornya adalah pelat PCB yang dengan ukuran 20 cm x 10 cm. Sensor ini akan memperlakukan air dan udara sebagai bahan dielektriknya. Sensor dibuat selalu tenggelam di dalam air dan udara, sehingga hanya ada dua dielektrik yaitu dielektrik air dan udara. Nilai kapasitansi akan berubah terhadap luasan pelat yang terendam air dan udara yang berkorespondensi dengan tinggi air. Seluruh pelat akan di celupkan di dalam air dan udara, dimana ada titik referensi yaitu set point. Pada titik referensi, dimana tinggi pelat yang terendam air dan terendam udara terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 8 Ketinggian air di titik referensi (Sumber: Nugroho *et al.*, 2013).

Dengan kapasitor yang disusun secara paralel pada gambar 2.8 maka persamaan kapasitansi total antara bahan dielektrik udara dan air diperoleh persamaan berikut:

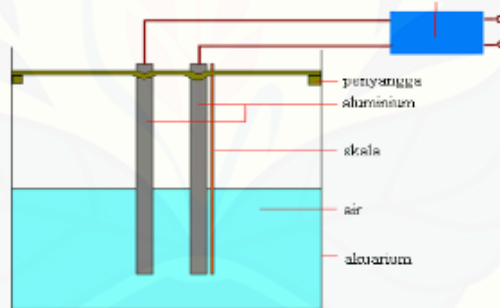
$$C_{Total} = C_{air} + C_{udara} \quad (2.5)$$

Sehingga didapatkan persamaan dielektrik total dengan mensubsitusikan persamaan (2.3) ke dalam persamaan (2.5) adalah:

$$K = \frac{K_{air}V_{air} + K_{udara}V_{udara}}{V_{air} + V_{udara}} \quad (2.6)$$

Karena dielektrik air lebih dominan daripada dielektrik udara sehingga dielektrik total dapat dipengaruhi setiap perubahan volume cairan (Fitzgerald *et al.*, 2002).

Menurut Setiawan (2011), sensor kapasitif adalah sebuah elektroda yang terpasang di dalam wadah aquarium dan terisolasi oleh kedua elektroda. Cairan dalam wadah berfungsi sebagai cairan dielektrik. Kapasitor terbentuk antara suatu pelat yang dimasukkan ke dalam bejana dan dinding bejana, kemudian bejana diisolasi secara elektrik. Besarnya arus bolak-balik berfrekuensi tinggi yang mengalir melalui kondensator tergantung pada ketinggian bahan proses yang terdapat di antara pelat dan dinding. Pada gambar 2. 9 dapat dilihat sebuah plat yang dimasukkan ke dalam bejana.



Gambar 2. 9 Alat ukur tinggi permukaan dengan pengukuran kapasitif (Sumber: Setiawan, 2011).

Untuk pengukuran ketinggian permukaan suatu bahan cair, perubahan tinggi cairan akan mempengaruhi besarnya kapasitansi yang dihasilkan oleh sebuah elektroda dan dinding wadah aquarium. Konstanta dielektrik di antara kedua elektroda itu berubah menurut tinggi permukaan cairan dalam wadah aquarium (Setiawan, 2011). Oleh karena itu, perubahan kapasitansi tersebut akan didapat suatu nilai besaran yang akan diukur. Nilai besaran yang diukur tersebut akan dirubah

menjadi sinyal digital oleh osiloskop. Dengan adanya hubungan kapasitansi dan tegangan maka diperoleh persamaan (Ananda dan Kusumandoyo, 2001) berikut:

$$V_o = \frac{X_{C_2}}{X_{C_1} + X_{C_2}} V_i \quad (2.7)$$

Dengan,

$$X_{C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1} \text{ dan } X_{C_2} = \frac{1}{2\pi f C_2} \quad (2.8)$$

Maka diperoleh persamaan kapasitansi dengan tegangan yaitu:

$$V_o = \frac{\frac{1}{2\pi f C_2}}{\frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2}} V_i \quad (2.9)$$

$$V_o = \frac{\frac{1}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} V_i \quad (2.10)$$

$$\frac{V_i}{V_o} = \left(\frac{C_2}{C_1} + 1 \right) \quad (2.11)$$

Sehingga kapasitansi air (C_1) diperoleh persamaan berikut:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_i}{V_o} - 1 \quad (2.12)$$

$$C_1 = \frac{C_2}{\frac{V_i}{V_o} - 1} \quad (2.13)$$

Keterangan:

V_i : Tegangan masukan (*volt*)

V_o : Tegangan keluaran (*volt*)

C_1 : kapasitor pelat sejajar (*F*)

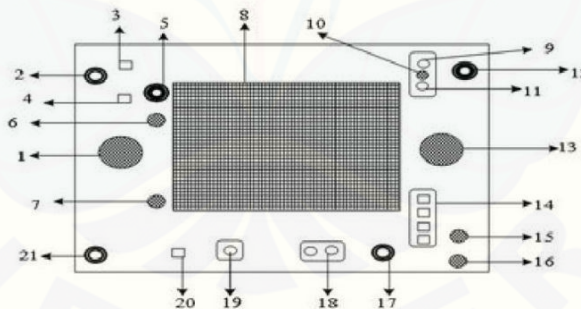
C_2 : kapasitor (F)

2.4 Osiloskop

Pada umumnya osiloskop berfungsi untuk menganalisa tingkah laku besaran yang berubah-ubah terhadap waktu yang ditampilkan pada layar, untuk melihat bentuk sinyal yang sedang diamati. Osiloskop dapat pula digunakan untuk mengetahui beberapa frekuensi, periode dan tegangan dari sinyal. Dengan sedikit penyetelan dapat diketahui pula beda fasa antara sinyal masukan dan sinyal keluaran. Ada beberapa kegunaan osiloskop lainnya (Gunawan, 2011) yaitu:

1. Mengukur besar tegangan listrik dan hubungannya terhadap waktu.
2. Mengukur frekuensi sinyal yang beresilasi.
3. Mengecek jalannya suatu sinyal pada sebuah rangkaian listrik.
4. Membedakan arus AC dengan arus DC.
5. Mengecek noise pada sebuah rangkaian listrik dan hubungannya terhadap waktu.

Osiloskop memiliki bagian - bagian beserta fungsinya:



Gambar 2. 10 Osiloskop (Sumber: Gunawan, 2011).

Tabel 2. 3 Bagian - bagian dan fungsi osiloskop

No.	Bagian- Bagian Osiloskop	Fungsi
1.	Volt atau div	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mengeluarkan tegangan AC, mengatur berapa nilai tegangan yang diwakili oleh satu div di layar
2.	CH1 (Input X)	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk memasukkan sinyal atau

No.	Bagian- Bagian Osiloskop	Fungsi
3.	AC- DC	<p>gelombang yang diukur atau pembacaan posisi horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terminal masukan pada saat pengukuran CH1 juga digunakan untuk kalibrasi • Jika signal yang diukur menggunakan CH1, maka posisi switch pada CH1 dan berkas nampak pada layar hanya ada satu • Untuk memilih besaran yang diukur • Mengatur fungsi kapasitor kopling di terminal masukan osiloskop. Jika tombol pada posisi AC maka pada terminal masukan diberi kapasitor kopling sehingga hanya melewatkan komponen AC dari sinyal masukan. Namun jika tombol diletakkan pada terminal DC maka sinyal akan terukur dengan komponen DC-nya diikutsertakan • Posisi AC= untuk mengukur AC. Objek ukur DC tidak bisa diukur melalui posisi ini, karena signal DC akan terblokir oleh kapasitor • Posisi DC= untuk mengukur tegangan DC dan masukan- masukan yang lain
4.	Ground	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk memilih besaran yang diukur • Digunakan untuk melihat letak posisi ground dilayar
5.	Posisi Y	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mengatur posisi garis atau tampilan dilayar atas bawah • Untuk menyeimbangkan DC vertical guna pemakaian channel 1 atau (Y) • Penyetelan dilakukan sampai posisi gambar diam pada saat variabel diputar
6.	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk kalibrasi osiloskop
7.	Selektor pilih	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk memilih chanel yang diperlukan untuk pengukuran
8.	Layar	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan bentuk gelombang
9.	Inten	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur cerah atau tidaknya sinar pada layar osiloskop. Diputar ke kiri untuk memperlemah sinar dan putar ke

No.	Bagian- Bagian Osiloskop	Fungsi
10.	Rotation	<ul style="list-style-type: none"> kanan untuk memperterang Mengatur posisi garis pada layar Mengatur kemiringan garis sumbu $Y=0$ dilayar
11.	Fokus	<ul style="list-style-type: none"> Menajamkan garis pada layar untuk mendapatkan gambar yang lebih jelas, digunakan untuk mengatur fokus
12.	Position X	<ul style="list-style-type: none"> Mengatur posisi garis atau tampilan kiri dan kanan, untuk mengatur posisi normal sumbu X (ketika sinyal masukannya nol) Untuk menyetel ke kiri dan ke kanan berkas gambar (posisi arah horizontal) switch pelipat sweep dengan menarik knop, bentuk gelombang dilipatkan 5 kali liapat kearah kiri dan kearah kanan usahakan cahaya seruncing mungkin
13.	Sweep time/ div	<ul style="list-style-type: none"> Digunakan untuk mengatur waktu periode (T) dan frekuensi (f), mengatur berapa nilai waktu yang diwakili oleh satu div dilayar Saklar putar untuk memilih besarnya tegangan per cm (volt/ div) pada layar CRT, ada dua tingkat besaran tegangan yang tersedia dari 0,01 volt/ div s.d 20 volt/ div Untuk memilih skala besaran waktu dari suatu periode
14.	Mode	<ul style="list-style-type: none"> Untuk memilih mode yang ada
15.	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> Untuk kalibrasi waktu periode dan frekuensi Untuk mengontrol sensitifitas arah vertical pada CH1 (Y)
16.	Level	<ul style="list-style-type: none"> Menghentikan gerak tampilan layar
17.	Exi trigger	<ul style="list-style-type: none"> Untuk trigger dari luar
18.	Power	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menghidupkan osiloskop
19.	Cal 0,5 Vp- p	<ul style="list-style-type: none"> Kalibrasi awal sebelum osiloskop digunakan
20.	Ground	<ul style="list-style-type: none"> Digunakan untuk melihat letak posisi ground dilayar, ground osiloskop yang dihubungkan dengan ground yang diukur
21.	CH2 (Input Y)	<ul style="list-style-type: none"> Untuk memasukkan sinyal atau

No.	Bagian- Bagian Osiloskop	Fungsi
		gelombang yang diukur atau pembacaan vertikal
		<ul style="list-style-type: none"> • Jika sinyal yang diukur menggunakan CH2, maka posisi switch pada CH2 dan berkas yang nampak pada layar hanya satu

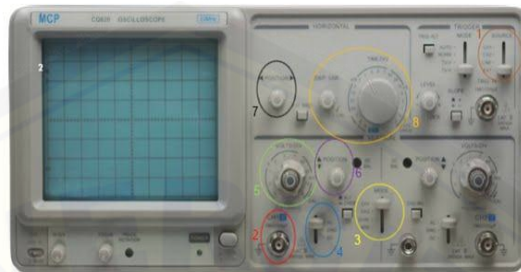
Sumber: (Gunawan, 2011).

Osiloskop merupakan alat ukur besaran listrik yang dapat memetakan sinyal listrik yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal baik sinyal analog maupun sinyal digital sehingga sinyal-sinyal tersebut dapat dilihat, diukur, dihitung, dan dianalisa sesuai dengan bentuk keluaran sinyal yang diharapkan. Prinsip kerja osiloskop yaitu menggunakan layar katoda. Dalam osiloskop terdapat tabung panjang yang disebut tabung sinar katode atau *Cathode Ray Tube (CRT)*. Secara prinsip kerjanya ada dua tipe osiloskop, yaitu tipe analog (*ART-analog real time oscilloscope*) dan tipe digital (*DSO-digital storage oscilloscope*) (Kharisma dan Utama, 2013).

1. Osiloskop analog

Osiloskop analog menggunakan tegangan yang diukur untuk menggerakkan berkas elektron dalam tabung sesuai bentuk gambar yang diukur. Pembentuk gelombang yang akan ditampilkan pada layar diatur oleh sepasang lapisan pembelok (*deflector plate*) secara vertikal maupun secara horizontal, pembelokan pancaran elektron dilakukan oleh lapisan tersebut dimana ketika lapisan pembelok tersebut diberi sebuah tegangan tertentu maka akan mengakibatkan pancaran elektron berbelok dengan harga tertentu pula. Sebagai contoh apabila tegangan pada semua pelat tersebut adalah 0 (nol) volt, maka pancaran elektron akan bergerak lurus membentur layar sehingga pada layar hanya akan terlihat sebuah nyala titik ditengah layar. Pengaturan tegangan pada lapisan pembelok tersebut akan berkaitan terhadap pengaturan *time/div* untuk

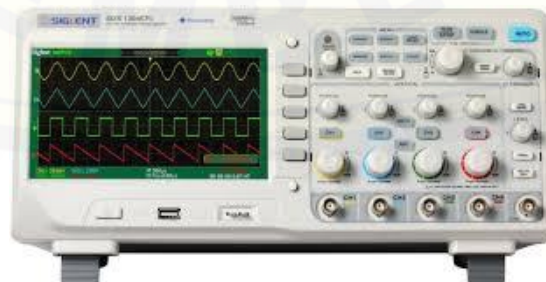
lapisan pembelok horizontal, dan berkaitan terhadap pengaturan *volt/div* untuk lapisan pembelok vertikal.



Gambar 2. 11 Osiloskop analog (Sumber: Kharisma dan Utama, 2013).

2. Osiloskop digital

Dalam osiloskop analog gelombang yang ditampilkan pada layar langsung diberikan dari rangkaian lapisan pembelok pancaran elektron vertikal sehingga berkesan “*real time*”, maka pada osiloskop digital gelombang yang akan ditampilkan terlebih dahulu melalui tahap *sampling* (pencuplikan sinyal) dan kemudian data hasil *sampling* tersebut diolah secara digital. Osiloskop digital menyimpan nilai-nilai tegangan hasil *sampling* tersebut bersama dengan skala waktu gelombangnya pada memory sementara sebelum kemudian ditampilkan. Pada prinsipnya osiloskop digital bekerja dengan cara mencuplik sinyal (*sampling*), menyimpan data, memproses data, kemudian menampilkan data hasil pemrosesan dan akan berulang- ulang.



Gambar 2. 12 Osiloskop digital (Sumber: Kharisma dan Utama, 2013).

Dalam penggunaan osiloskop, untuk melihat sinyal maka osiloskop perlu disetel lebih dulu agar tidak terjadi kesalahan fatal dalam pengukuran. Langkah awal pemakaian yaitu pengkalibrasian. Pertama harus muncul di layar adalah garis lurus mendatar, jika tidak ada sinyal masukan. Hal perlu disetel adalah fokus, intensitas, kemiringan, *x position*, dan *y position*. Dengan menggunakan tegangan referensi yang terdapat di osiloskop maka dapat dilakukan pengkalibrasian sederhana. Ada dua tegangan referensi yang bisa dijadikan acuan yaitu tegangan persegi 2 V_{p-p} dan 0.2 V_{p-p} dengan frekuensi 1 KHz. Setelah probe dikalibrasi maka dengan menempelkan probe pada terminal tegangan acuan maka akan muncul tegangan persegi pada layar. Jika yang dijadikan acuan adalah tegangan 2 V_{p-p} maka pada posisi 1 *volt/div* (satu kotak vertikal mewakili tegangan 1 volt) harus terdapat nilai tegangan dari puncak ke puncak sebanyak dua kotak dan untuk *time/div* 1 ms/div (satu kotak horizontal mewakili waktu 1 ms) harus terdapat satu gelombang untuk satu kotak. Jika masih belum tepat maka perlu disetel dengan potensio yang terdapat di tengah-tengah knob pengganti *volt/div* dan *time/div* (Gunawan, 2011).

Osiloskop terdiri dari dua bagian utama yaitu display dan panel kontrol. Display menyerupai tampilan layar televisi hanya saja tidak berwarna-warni dan berfungsi sebagai tempat sinyal uji ditampilkan. Pada layar ini terdapat garis-garis melintang secara vertikal dan horizontal yang membentuk kotak-kotak dan disebut *div*. Arah horizontal mewakili sumbu waktu dan garis vertikal mewakili sumbu tegangan. Panel kontrol berisi tombol-tombol yang bisa digunakan untuk menyesuaikan tampilan di layar. Ada beberapa jenis tegangan gelombang yang akan diperlihatkan pada layar monitor osiloskop (Gunawan, 2011) yaitu:

1. Gelombang sinusoidal
2. Gelombang blok
3. Gelombang gigi gergaji
4. Gelombang segitiga.

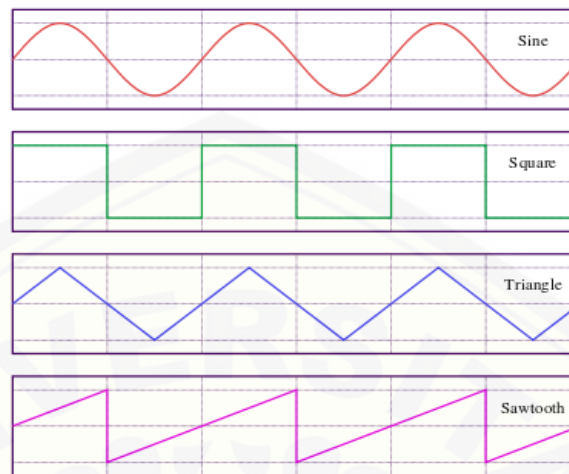
2.5 Generator Fungsi

Generator fungsi (*function generator*) merupakan alat penguji elektronika yang digunakan untuk menghasilkan gelombang atau sinyal elektronika, baik yang berulang maupun yang tidak berulang dan digital maupun analog. Dalam penggunaan generator fungsi selalu berhubungan dengan osiloskop, pertama sambungkan generator fungsi dengan osiloskop menggunakan kabel kopling kemudian atur semua frekuensi dan amplitudo yang terdapat pada tiap-tiap bagian. Adapun gambar generator fungsi seperti berikut:



Gambar 2. 13 Generator fungsi (Sumber: Saroso, 2009).

Saroso, (2009) menyatakan bahwa *function generator* umumnya menghasilkan frekuensi pada kisaran 0,5 Hz sampai 20 Mhz atau lebih tergantung rancangan pabrik pembuatnya. Frekuensi yang dihasilkan dapat dipilih dengan memutar-mutar tombol batas ukur frekuensi (*frequency range*). Sedangkan amplitudo sinyal dapat diatur berkisar antara 0,1 V- 20 V_{p-p} (tegangan puncak ke puncak) kondisi tanpa beban, dan 0,1 V- 10 V_{p-p} (Volt *peak to peak*/tegangan puncak ke puncak) dengan beban sebesar 50 Ω. Berikut bentuk gelombang pada generator fungsi:



Gambar 2. 14 Gelombang pada generator fungsi (Sumber: Saroso, 2009).

Pada gambar 2. 14 generator fungsi memiliki bentuk gelombang yang berbeda yaitu sinusoida, segitiga, persegi, dan gigi gergaji (Saroso, 2009).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Waktu penelitian dilakukan pada bulan September 2015 sampai bulan Mei 2016.

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian adalah

1. Osiloskop sebagai pengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran
2. *Project board* sebagai papan rangkaian
3. Kabel sebagai penghubung rangkaian dan penghubung tegangan dengan osiloskop
4. Penggaris sebagai pengukur volume aquades dan volume udara
5. *Function generator* sebagai sumber tegangan
6. Kapasitansimeter sebagai pengukur nilai kapasitansi

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah

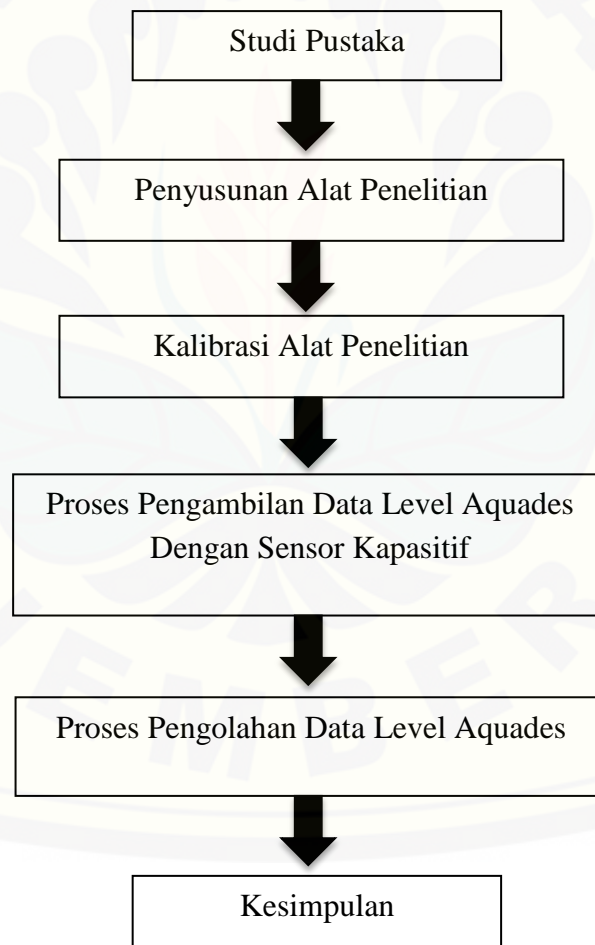
1. Bahan yang digunakan adalah aquades sebagai sampel
2. Kapasitor 10 pF sebagai komponen rangkaian untuk menentukan kapasitansi udara
3. Kapasitor 24 pF sebagai komponen rangkaian untuk menentukan kapasitansi aquades

4. Mika sebagai wadah aquades saat percobaan
5. Isolasi sebagai perekat wadah aquades
6. PCB (*Printed Circuit Board*) 2 cm x 4,5 cm sebagai indikasi sensor kapasitif

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Penelitian

Skema diagram kerja dalam tahapan penelitian yang berjudul “Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades” dapat dijelaskan pada gambar 3. 1.



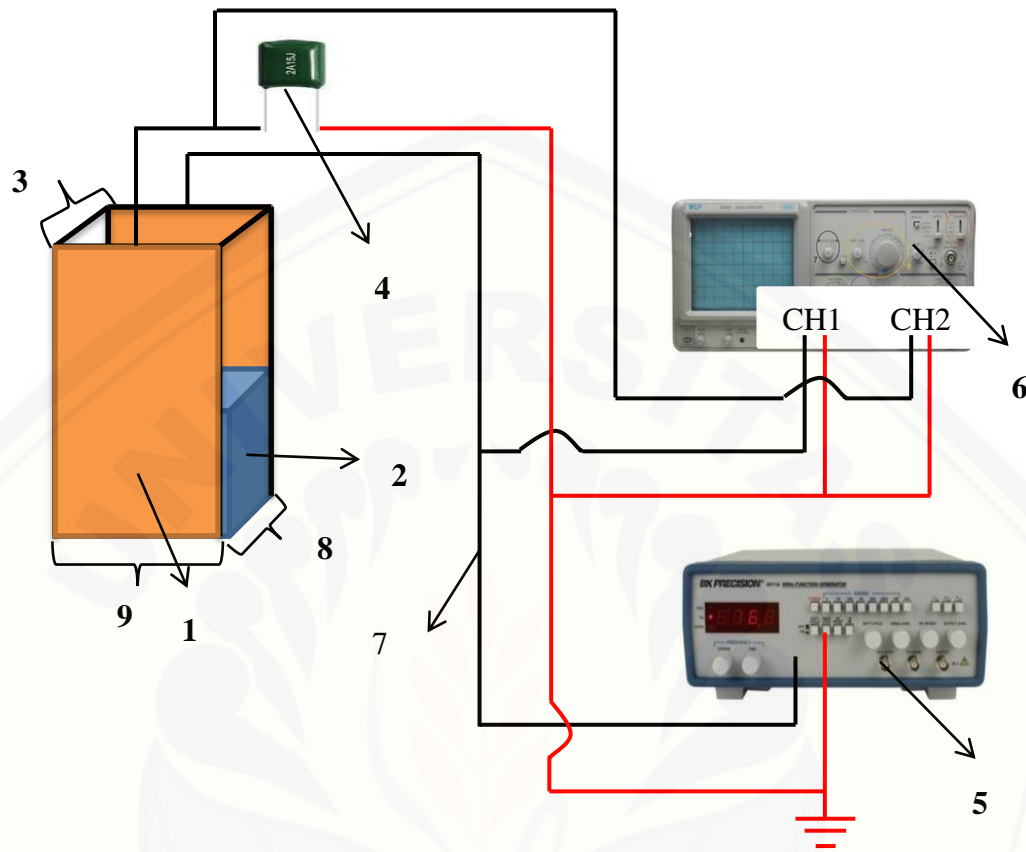
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan membaca literatur tentang pengukuran level aquades sehingga dari literatur yang telah dibaca dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian tugas akhir ini diperoleh judul “Desain Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades”. Judul yang telah ditetapkan maka dapat dibandingkan dari penelitian sebelumnya seperti penelitian Nugroho, Magusti dan Setiawan. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dengan beberapa bahan sebagai dielektiknya maka dapat ditentukan bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu aquades. Pengukuran level aquades dengan metode kapasitif yang dihubungkan dengan suatu rangkaian pembagi tegangan, dimana dikatakan rangkaian pembagi tegangan jika sebuah tegangan yang disusun seri dengan dua pelat konduktor sejajar.

3.3.3 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum alat penelitian disusun maka kapasitor kedua dapat ditentukan terlebih dahulu dengan menggunakan kapasitansimeter yang dihubungkan dengan pelat kapasitor sejajar dalam wadah yang berisi aquades. Selanjutnya alat penelitian diposisikan sedemikian rupa, dengan wadah yang berisi aquades yang dihubungkan dengan dua pelat konduktor paralel yang disusun secara seri dengan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Kemudian di sisi lain dihubungkan dengan osiloskop melalui CH1 dan CH2 untuk menentukan nilai tegangan masukan V_i dan tegangan keluaran V_o yang diberi tegangan AC dan frekuensi yang dipilih 1 KHz dari generator fungsi pada rangkaian. Adapun desain alat penelitian yang disusun ditunjukkan pada gambar 3. 2.



Gambar 3. 2 Desain alat penelitian

Keterangan gambar 3. 2 sebagai berikut:

- 1 : PCB (*Printed Circuit Board*) sebagai kapasitor (C_1)
- 2 : Sampel percobaan
- 3 : Wadah sampel percobaan
- 4 : Kapasitor (C_2)
- 5 : Function generator sebagai sumber tegangan
- 6 : Osiloskop sebagai pengukur nilai tegangan pada perubahan tinggi aquades
- 7 : Kabel penghubung
- 8 : Jarak antar pelat (d)
- 9 : Lebat pelat (x)

3.3.4 Kalibrasi Alat Penelitian

Setelah dilakukan penyusunan alat seperti gambar 3. 2, selanjutnya peralatan yang digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi alat yang dilakukan bertujuan untuk menguji mampu atau tidaknya alat yang digunakan untuk mencari level aquades dengan sensor kapasitif. Kalibrasi kapasitansi dilakukan dengan menggunakan kapasitansimeter dengan wadah yang kosong hanya dipengaruhi dielektrik udara dan wadah yang berisi aquades sehingga dapat menyesuaikan nilai kapasitor C_2 dengan nilai kapasitor C_1 . Osiloskop juga perlu pengkalibrasian, langkah awal yang harus dilakukan adalah memunculkan garis lurus mendatar pada layar osiloskop. Beberapa hal yang perlu diatur adalah fokus, intensitas, kemiringan, *x position* dan *y position*.

3.3.5 Proses Pengambilan Data

Langkah selanjutnya adalah proses pengambilan data. Pengambilan data dilakukan mula-mula alat disusun sesuai gambar 3. 2. Pada tahap pertama wadah yang direkatkan dengan dua pelat konduktor sejajar dihubungkan dengan kapasitor kedua yang disusun secara seri dengan prinsip rangkaian pembagi tegangan, kemudian rangkaian tersebut dihubungkan dengan osiloskop yang dapat menganalisa suatu keluaran yaitu tegangan masukan dan tegangan keluaran yang diberi sumber tegangan AC dari generator fungsi.

Selanjutnya wadah yang kosong diisi cairan, setiap perubahan tinggi aquades yang ditentukan yaitu 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm, 18 cm, dan 20 cm, maka dari ketinggian aquades, jarak antar pelat dan lebar pelat yang konstan yaitu 2 cm x 4,5 cm dapat ditentukan volume aquades yang diukur sebagai *Y*. Setiap perubahan volume aquades maka dapat diukur tegangan masukan dan tegangan keluaran pada aquades, dengan adanya hubungan antara keduanya maka dapat menentukan nilai kapasitansi dengan menggunakan persamaan 2.13 yang diukur sebagai *X*. Kemudian dari nilai kapasitansi dapat digunakan untuk

menentukan nilai konstanta dielektrik. Setelah itu nilai kapasitansi yang diperoleh dapat dijadikan untuk menentukan level aquades secara eksperimen dengan memasukkan nilai kapasitansi ke dalam persamaan linier dari grafik hubungan antara level atau ketinggian aquades yang terukur dengan nilai kapasitansi.

3.3.6 Proses Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari proses pengambilan data yang berupa nilai X dan Y, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data. Pada proses pengambilan data diperoleh data Y sebagai volume aquades dan data X sebagai nilai kapasitansi pada aquades, karena jarak antar pelat dan lebar pelat konstan maka level atau ketinggian aquades yang digunakan untuk mencari level aquades berdasarkan grafik level aquades (y) terhadap nilai kapasitansi (C_1).

Untuk mengetahui adanya hubungan nilai kapasitansi terhadap tegangan keluaran maka dilakukan pengukuran perubahan ketinggian aquades dengan luas penampang yang konstan. Pada saat C_1 dan C_2 dirangkai seperti pada Gambar 3. 2 dan frekuensi yang dipilih 1 KHz, V_i dan V_o dihubungkan ke osiloskop melalui CH1 dengan 5 volt/div dan CH2 dengan 5 volt/div. Hasil pengukuran V_i dan V_o bergantung pada C_1 dan C_2 dengan persamaan yang digunakan dalam mengetahui hubungannya adalah:

$$\frac{V_i}{V_o} = 1 + \frac{C_2}{C_1} \quad (3.1)$$

Karena C_2 bernilai tetap, sedangkan C_1 mengikuti dielektriknya (volumenya) sehingga volume aquades bergantung hanya pada C_1 ,

$$V \approx \frac{C_2}{C_1} = \frac{V_i}{V_o} - 1 \quad (3.2)$$

Dimana: V_o adalah tegangan output (*volt*)

V_i adalah tegangan input (*volt*)

C_1 adalah nilai kapasitor pelat sejajar (*F*)

C_2 adalah nilai kapasitor (F)

V adalah volume aquades (L)

Sedangkan untuk menentukan besarnya level aquades dapat diketahui dari grafik hubungan antara nilai kapasitansi dengan level atau tinggi aquades dengan memasukkan ke dalam persamaan linier.

Persamaan yang digunakan untuk membandingkan hasil dari perhitungan adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{K_{air}V_{air} + K_{udara}V_{udara}}{V_{air} + V_{udara}} \quad (3.3)$$

Jarak antar pelat (d) dan lebar pelat (x) dalam bahan yang konstan maka terdapat persamaan volume aquades dan volume udara yaitu:

$$V_{aquades} = t_{aquades}dx \quad (3.4)$$

Dan,

$$V_{udara} = t_{udara}dx \quad (3.5)$$

Sehingga nilai kapasitansi yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh ketinggian aquades. Jadi pada penelitian tugas akhir ini membandingkan data hasil pengukuran dengan hasil eksperimen, sehingga dengan kedua data dapat dipengaruhi setiap perubahan volume karena dielektrik air lebih mendominasi daripada dielektrik udara.

3.4 Analisa Data

Data hasil pengukuran dari setiap perubahan volume aquades maka nilai kapasitansi yang diperoleh dapat dianalisa dengan menggunakan ralat pengukuran tunggal berdasarkan nilai skala terkecil (nst) pada ΔV_{input} dan ΔV_{output} dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta C_1 = \left| \frac{\partial C_1}{\partial V_{input}} \right| |\Delta V_{input}| + \left| \frac{\partial C_1}{\partial V_{output}} \right| |\Delta V_{output}| \quad (3.6)$$

$$\Delta C_1 = \left| \frac{\partial \left(\frac{C_2}{\left(\frac{V_{input}}{V_{output}} - 1 \right)} \right)}{\partial V_{input}} \right| |\Delta V_{input}| + \left| \frac{\partial \left(\frac{C_2}{\left(\frac{V_{input}}{V_{output}} - 1 \right)} \right)}{\partial V_{output}} \right| |\Delta V_{output}| \quad (3.7)$$

$$\Delta C_1 = \left| -\frac{\left(\frac{C_2}{V_{output}} \right)}{\left(\frac{V_{input}}{V_{output}} - 1 \right)^2} \right| \left| \frac{1}{2} nst \right| + \left| \frac{\left(\frac{V_{input} C_2}{V_{output}^2} \right)}{\left(\frac{V_{input}}{V_{output}} - 1 \right)^2} \right| \left| \frac{1}{2} nst \right| \quad (3.8)$$

$$C = (C_1 \pm \Delta C_1) \quad (3.9)$$

Keterangan :

ΔC_1 : standart deviasi nilai kapasitansi (F)

C : nilai kapasitansi (F)

C_2 : nilai kapasitansi (F)

∂C_1 : ralat nilai kapasitansi

∂V_{input} : ralat tegangan input

∂V_{output} : ralat tegangan output

ΔV_{input} : standar deviasi tegangan input ($volt$)

ΔV_{output} : standar deviasi tegangan output ($volt$)

V_{input} : tegangan input ($volt$)

V_{output} : tegangan output ($volt$)

Selanjutnya hasil perhitungan dari grafik hubungan antara nilai kapasitansi dengan level aquades yang diperoleh harus linier, untuk mengetahui kelinieran suatu

data maka dapat dilakukan dengan uji linieritas dengan program SPSS. Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Uji ini biasanya digunakan sebagai prasyarat dalam analisis korelasi atau regresi linear (Lestari, 2013).

Uji linearitas dilakukan dengan mencari persamaan garis regresi variabel bebas x (kapasitansi) terhadap variabel terikat y (level aquades). Berdasarkan garis regresi yang telah dibuat, selanjutnya diuji keterkaitan koefisien garis regresi serta linearitas garis regresi. Salah satu teknik analisis regresi yang paling sering digunakan adalah regresi linear. Regresi linear dapat digunakan apabila asumsi linearitas dapat terpenuhi. Apabila asumsi ini tidak terpenuhi, maka tidak dapat menggunakan analisis regresi linear akan tetapi dapat menggunakan analisis regresi nonlinear. Asumsi linearitas adalah asumsi yang akan memastikan apakah data yang diperoleh sesuai dengan garis linear atau tidak (Lestari, 2013). Dasar pengambilan keputusan dalam uji linearitas adalah:

1. Jika nilai probabilitas $> 0,05$, maka hubungan antara variabel X dengan Y adalah linear.
2. Jika nilai probabilitas $< 0,05$, maka hubungan antara variabel X dengan Y adalah tidak linear.

Keluaran atau output yang diperoleh untuk uji linieritas pada program SPSS dapat dilihat dari *Sig. Linierity* dan *Sig. Deviation from linierity* setiap variabel bebas dengan variabel terikat dibandingkan dengan dengan tingkat signifikansi 0,05. Nilai *Sig. Linierity* menunjukkan sejauh mana variabel bebas berbanding tepat di garis lurus, apabila nilai *Sig. Linierity* lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Sedangkan nilai *Sig. Deviation from linierity* menunjukkan sebaran data pada garis linier, apabila nilai *Sig. Deviation from Linierity* lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kapasitansi pada setiap kenaikan volume aquades adalah sebagai berikut:

1. Nilai kapasitansi pada kenaikan volume 18 mL sampai 180 mL mengalami perubahan yaitu pada data hasil pengukuran volume aquades semakin meningkat maka nilai kapasitansi semakin besar. Namun, data hasil eksperimen menunjukkan bahwa ada beberapa hasil yang tidak konsisten yaitu kenaikan volume aquades tidak menyebabkan kenaikan nilai kapasitansi.
2. Penentuan level aquades dapat dilakukan dengan memasukkan nilai kapasitansi terukur ke dalam persamaan linier yang diperoleh dari grafik hubungan nilai kapasitansi dengan level aquades.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, telah diketahui nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik pada aquades. Pengukuran nilai kapasitansi dengan perlakuan kenaikan volume pada aquades yang menggunakan rangkaian sensor kapasitif yang dihubungkan osiloskop sebaiknya memperhatikan tegangan keluaran, karena pada kenaikan volume 72 mL sampai 162 mL ada kesamaan tegangan keluaran, sehingga mempengaruhi nilai kapasitansi dan dielektrik aquades. Untuk mendapatkan pengukuran yang efektif dan mengurangi kesalahan sebaiknya dalam menghitung nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode dan alat ukur yang lain.

DAFTAR PUSTAKA**Buku**

- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Bonggas, L. T. (2003). *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Daryanto. (2011). *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fitzgerald, A. E., D. E. Higginbotham dan A. Grabel. (2002). *Dasar-Dasar Elektroteknik, Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika, Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D. (1988). *Fisika, Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Kamaya. (1984). *Ringkasan Fisika, Edisi Pertama*. Jawa Barat: Ganeca Exact Bandung.
- Marapping, M. (1989). *Rangkaian Listrik*. Bandung: Cv. Armico.
- Petrucci, R. (2008). *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern, Edisi Keempat Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Sutrisno. (1983). *Fisika Dasar*. Bandung: Institut Teknik Bandung.
- Tipler, P. (1991). *Fisika Untuk Sains dan Teknik, Edisi Ketiga jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Jurnal

- Ananda, S. A. dan V. A. Kusumandoyo. (2001). "*Penyadapan Saluran Transmisi Dengan Kopling Kapasitif Untuk Suplai Daerah Terpencil*." *Jurnal Teknik Elektro*. **1** (1): 1-8.

- Kharisma, W. A. dan J. Utama. (2013). "*Portable Digital Oscilloscope Menggunakan PIC18F4550.*" *Telekontran*. **1** (2): 41-49.
- Mujib, S. dan M. S. Muntini. (2013). "*Perancangan Sensor Kelembaban Beras Berbasis Kapasitor.*" *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **1** 1-6.
- Nugroho, A. S., Faridah dan K. Suryopratomo. (2013). "*Rancang Bangun Sensor Pengukur Level Interface Air dan Minyak Pada Mini Plant Separator.*" *Jurnal Tenofisika*, ISSN 2089-7154. **2** (2): 42-54.
- Nuzula, F., C. S. Widodo dan Sucipto. (2014). "*Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi Terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi Dengan Metode Dielektrik.*" **2** (1).
- Putra, Z. S., M. Rivai dan Suwito. (2013). "*Sistem Sensor Kualitas Minyak Berdasarkan Pada Pengukuran Kapasitansi dan Panjang Berkas Pembiasan Cahaya.*" *Jurnal Teknik Pomits*, ISSN: 2337-3539. **2** (1): B-67-B-72.
- Rumondor, P. P. dan J. porotu'o. (2014). "*Identifikasi Pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Manado.*" *Jurnal e-Biomedik (eBM)*. **2** (2).
- Sasongko, B., M. Komarudin dan S. S. Ratna. (2013). "*Perancangan Pengukur Kapasitansi Orde Femtofarad Berbasis Rangkaian Aktif Differensial Untuk Sistem Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT).*" *Jurnal Rekayasa dan Teknik Elektro*. **7** (1): 1-13.

Skripsi

- Gunawan, P. N. (2011). *Osiloskop*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Komisah, S. (2001). *Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Magusti, R., Suwito dan M. Rivai. (2013). *Sensor Kapasitif Untuk Mengukur Ketinggian Air Laut Menggunakan Mikrokontroler*. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Maulana. (2009). *Pengukuran Nilai Kapasitansi Listrik Spora Aspergillus niger Menggunakan Kapasitor Plat Sejajar*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

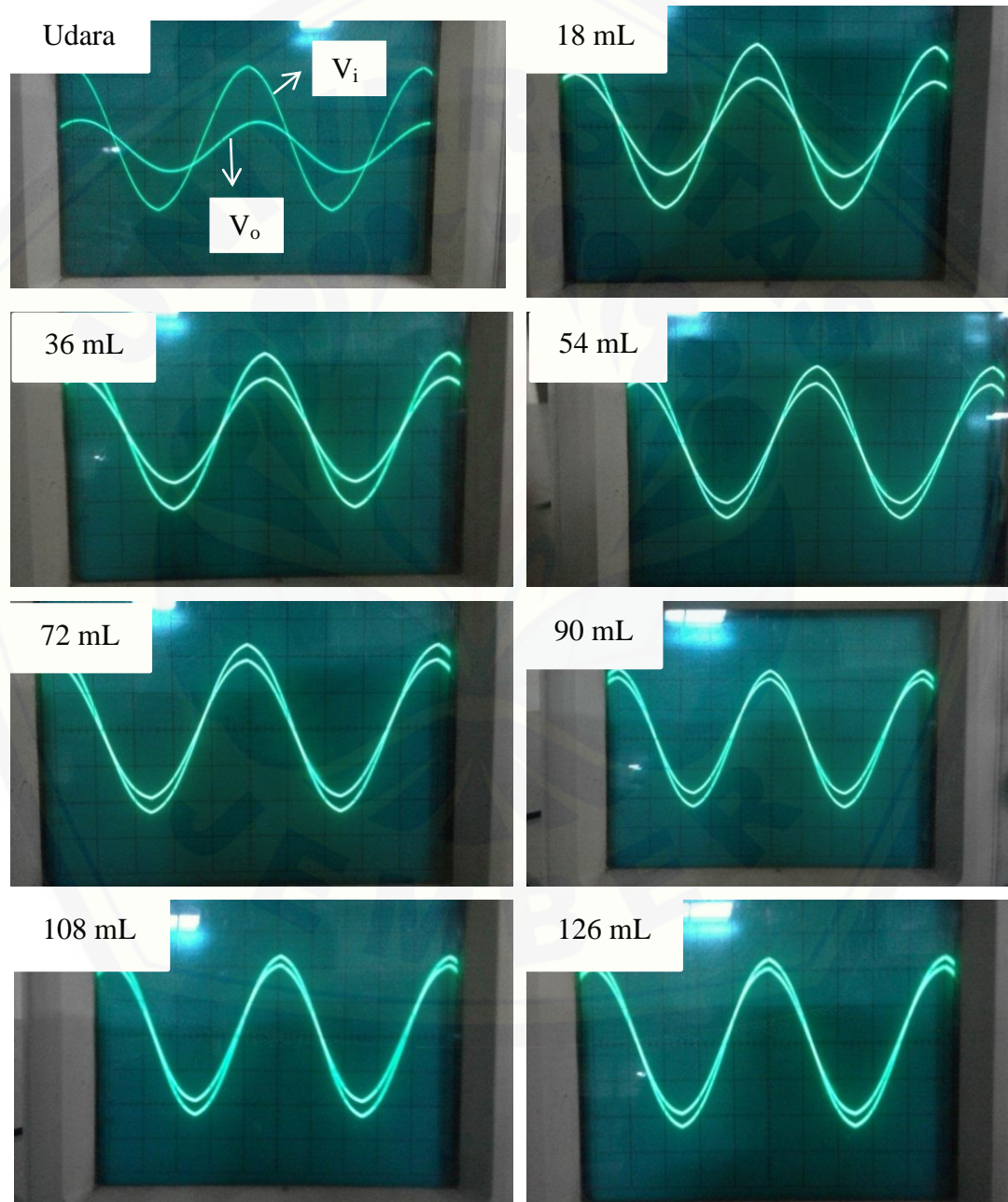
- Nuwaiir. (2009). *Kajian Impedansi dan Kapasitansi Listrik Pada Membran Telur Ayam Ras*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saroso, D. H. (2009). *Desain Function Generator Berbasis PLD (FPGA)*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Suryana, F. (2013). *Analisa Kualitas Air Sumur Dangkal di Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Wahyudi, I. (2009). *Sistem Pengukuran Permittivitas Fluida Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

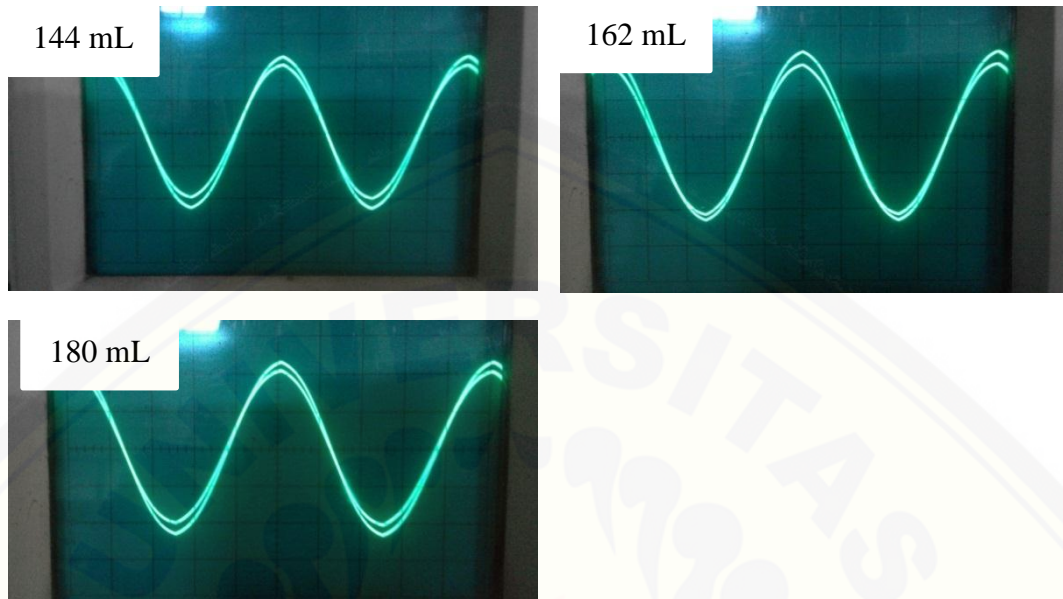
Internet

- Lestari, H. (2013). *Uji Linieritas Dengan Program SPSS*. [serial online] <http://statistikapendidikan.com> [26 januari 2016].
- Setiawan, A., Paolinus, et al. (2011). *Pengukuran Level Cairan Dengan Prinsip Kapasitansi Menggunakan Plat Sejajar*. [serial online] <http://ris.uksw.edu/download/makalah/kode/M00279> [4 september 2015].

LAMPIRAN

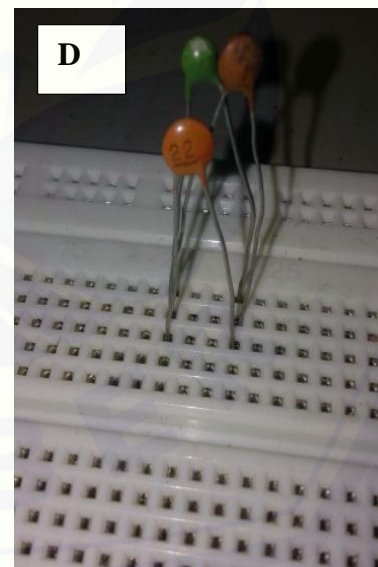
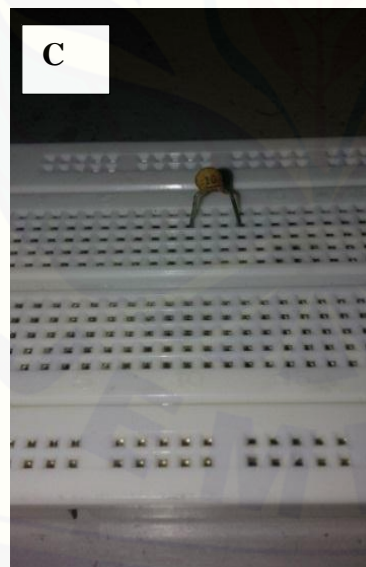
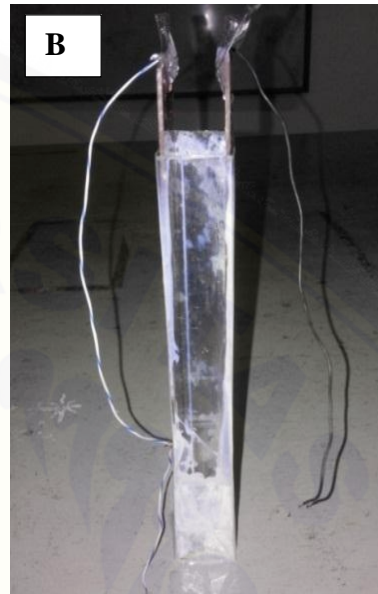
Lampiran 1. Gambar pembacaan tegangan input dan tegangan output setiap perubahan volume aquades pada layar osiloskop

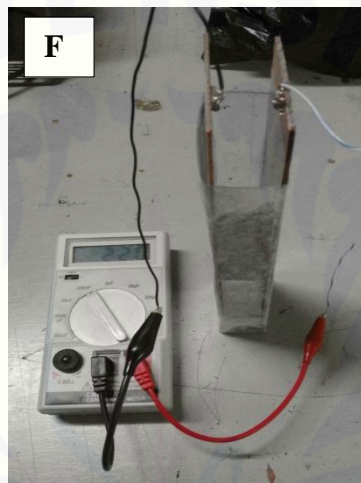
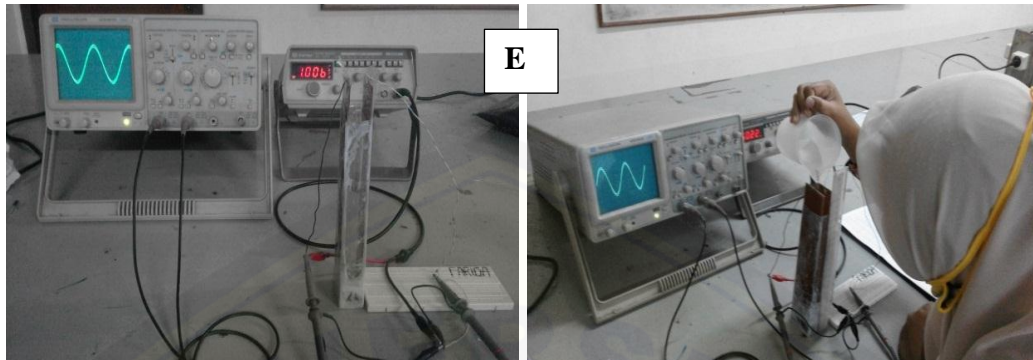




Keterangan: Nilai tegangan keluaran lebih kecil daripada tegangan masukan

Lampiran 2. Alat, bahan dan rangkaian dalam penelitian





Keterangan:

A : Sampel penelitian aquades

B : Wadah yang terbuat dari mika dan kapasitor pelat sejajar yang diberi kabel penghubung

C : Kapasitor C_2 10 pF

D : Kapasitor C_2 24 pF

E : Rangkaian sensor kapasitif

F : Pengukuran kapasitansi kapasitor pelat sejajar menggunakan kapasitansimeter

Lampiran 3. Uji linieritas program SPSS dengan hubungan kapasitansi dan level aquades

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Level	Between	(Combined)	434,000	7	62,000	31,000	,008
Aquades *	Groups	Linearity	402,397	1	402,397	201,199	,001
Kapasitansi		Deviation					
Aquades		from	31,603	6	5,267	2,634	,229
		Linearity					
	Within	Groups	6,000	3	2,000		
	Total		440,000	10			