

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETEBALAN LAPISAN TIPIS
DENGAN PRINSIP KAPASITIF**

SKRIPSI

Oleh:
SANTOSO
NIM. 09640037



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETEBALAN LAPISAN TIPIS
DENGAN PRINSIP KAPASITIF**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
SANTOSO
NIM. 09640037**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETEBALAN LAPISAN
TIPIS DENGAN PRINSIP KAPASITIF**

SKRIPSI

Oleh:

SANTOSO
NIM.09640037

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal: 11 Juni 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Farid Samsu H, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

Dr. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M. Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETEBALAN LAPISAN TIPIS DENGAN PRINSIP KAPASITIF

SKRIPSI

Oleh:
SANTOSO
NIM.09640037

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 11 Juni 2016

Penguji Utama	<u>Erika Rani, M. Si</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Ketua Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M. Pd</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, S. Si M. T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	<u>Dr. Ahmad Barizi, M.A</u> NIP. 19731212 199803 1 001	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M. Si
NIP. 198111192008012009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Santoso

NIM : 09640037

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis Dengan Prinsip Kapasitif

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 11 Juni 2016
Yang Membuat Pernyataan,

Santoso
NIM. 09640037

MOTTO

**“Jangan Pernah Malu Memperbaiki Masa
Lalumu Yang Sedikit Salah, Kodratnya
Manusia Terlahir Dengan Bersih Dan Suci “**



HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT
Sholawat serta salam kami tujukan kepada Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini ku persembahkan untuk:

Keluargaku

Kedua orang tuaku (Bapak Supriadi dan Ibu Jumaidah),
Alm Kakek (Salim), Alm Nenek (Kasmina), Adekku (Nur Hasanah)
Masku (Machfud), Gojeng, Heru, abet, dan Fatin yang selalu mendampingi dan
mendo'akanku dalam setiap langkahku
Do'a dan kasih sayang kalianlah cahaya dalam setiap perjuanganku

Sahabat-sahabat seperjuanganku Nano Physics B (Vivi, hanif, Iil, Lidya, Wulan, Ana, Rifa,
Umam, Zaid, Mifta, Faiz, Adhim, Refin, Ratna Ari, Anshor, Iril, Santos, Riza, Amin, Ali, dan
Subur) yang selalu meramaikan hari-hariku (Mbolang, Traktiran, Ruja'an), memberi arti
sahabat sekaligus keluargabaru

Serta Sahabat-Sahabat

Linda, Khotim, Rofiqo, Kenty, Ima, Riska, Dwi M., Tia, Max, Ila, Vita, Dwi R., Nani,
Venda, Dona, Indana, Wahyu, Fahmi, Arif, Firman, Chandra, Muhsin, Evan
Terima kasih atas kebersamaan, persahabatan serta motivasi yang tiada henti

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Rancang Bangun Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis Dengan Prinsip Kapasitif** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M. Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Farid Samsu Hananto S. Si M.T dan Dr. Ahmad Barizi, M.A selaku Dosen Pembimbing, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang ilmiah, integrasi Sains dan Al Qur'an.
5. Irjan M. Si selaku Dosen Wali Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

6. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berjasa memberikan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahannya selama perkuliahan.
7. Keluargaku (Bapak, Ibu, Adik dan saudara-saudaraku).
8. Sahabat-sahabat fisika seperjuangan angkatan 2009 (Nano Physics), serta teman-teman Fisika, khususnya anggota Instrumentasi dan seluruh angkatan. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 11 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTARGAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Muatan Listrik	7
2.2 Arus Listrik	9
2.3 Rangkaian Isolator	10
2.4 Kapasitor	12
2.5 Kapasitansi	14
2.6 Macam-Macam Kapasitor	15
2.6.1 Kapsitor Plat Sejajar	15
2.6.2 Kapasitor Bola	17
2.6.3 Kapasitor Silinder Koaksial	17
2.7 Dielektrikum	17
2.8 Penyimpanan Muatan Kapasitor	18
2.9 Manfaat Kapasitor Dalam Kehidupan	19
2.10 Sensor Kapasitif	19
2.10.1 Sifat Sensor Kapasitif	20
2.10.2 Konsep Sensor Kapasitif	21
2.10.3 Aplikasi Sensor Kapasitif	22

2.11 Pengkonsian Sinyal	22
2.11.1 pengkondisian Sinyal Analog	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	31
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3.1 Alat Penelitian	31
3.3.2 Bahan Penelitian	32
3.4 Diagram Alir Penelitian	33
3.5 Skema Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis	34
3.5.1 Cara Kerja Alat	35
3.6. Tahap Penelitian	35
3.7 Teknik Pengambilan Data	36
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	38
4.1.1 Desain Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis	38
4.2 Reaksi Rangkaian Isolator	40
4.3 Hasil Pengukuran	41
4.4 Integrasi dengan al-Qur'an	46
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Isolator.....	11
Gambar 2.2 Skema Sensor Kapasitif.....	21
Gambar 2.3 IC Atmega 16.....	27
Gambar 2.4 Skema ADC.....	29
Gambar 3.1 Diagram Blok Pengukuran.....	33
Gambar 3.2 Skema Rancangan Percobaan.....	34
Gambar 4.1 Rangkain Osilator.....	39
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Jarak Dan Frekuensi.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hubungan Jarak dengan Frekuensi	36
Tabel 3.2 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Mikrometer	37
Tabel 4.1 Hubungan Jarak dengan Frekuensi	41
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil penelitian dengan Mikrometer.....	43
Tabel 4.3 Perhitungan Manual dan Error.....	45



LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Manual Dan Error
Lampiran 2 Hubungan Jarak Dan Frekuensi



ABSTRAK

Santoso.2016. **Rancang Bangun Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis Dengan Prinsip Kapasitif**. Tugas akhir/skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Farid Samsu Hananto, S.Si M.T. dan Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Kata Kunci: Metode Prinsip Kapasitif, Hubungan jarak dan frekuensi, Alat ukur ketebalan.

Prinsip kapasitif merupakan Prinsip elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Konsep ini 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. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsep prinsip kapasitif dengan mengaitkan hubungan jarak dengan frekuensi untuk menentukan ketebalan lapisan tipis dengan prinsip kapasitif. Jarak yang digunakan dalam kalibrasi adalah 0,001 mm; 0,002 mm; 0,003 mm; 0,004 mm; 0,005 mm; 0,006 mm; 0,007 mm; 0,008 mm; 0,009; dan 0,01 mm. Persamaan rumus yang digunakan program $d=a(f)+c$, ketepatan pada penelitian masih terjadi error antara 0,001 mm sampai 0,002 mm.

ABSTRACT

Santoso. 2016. **A Measuring Instrument Devise Wake Up The Thickness Of The Layer Thin To The Principle Of Kapasitif**. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: Farid Samsu Hananto, S. Si M.T and Dr. Ahmad Barizi, M.A

Keywords: The capacitive principle method, The relationship of distance and frequency, Thickness gauge

Principle capacitive is electronic principle that work based on capacitive concept. It will be run because of the change of the content of the power of electric saved by sensor, the change of capacitive longitudinal section and volume of dielectricum capacitive sensor. The sensor of capacitive is to save and release the power of electric in loads of electricity that influenced by surface area, distance and the substance of dielectricum.

This research is aimed to examine the concept of principle capacitive with the distance and frequency to determine the thickness of slight layer, the calibration distance is 0,001 mm; 0,002 mm; 0,003 mm; 0,004 mm; 0,005 mm; 0,006 mm; 0,007 mm; 0,008 mm; 0,009 mm; and 0,01 mm. the similar formula is $d=a(f)+c$, this still has error between 0,001 mm up to 0,002 mm.

مستخلص البحث

سنطصا. 2016. تصميم بناء آلة قياس السماكة الرقيق بقواعد السعة. بحث علمي. قسم فيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: فريد هاننطا، الماجستير والدكتور أحمد بارزي، الماجستير.

الكلمات : منهجية قواعد السعة وتصميم العازل وآلة قياس السماكة

قواعد السعة هي قواعد الإلكترونيات على أساس قواعد السعة. هذه الفكرة تعمل على أساس تغيير الطاقة الكهربائية التي يمكن تخزينها بواسطة أجهزة الاستشعار بسبب التغيرات في ألواح المسافة، والتغيرات منطقتة مستعرضة والتغيرات في حجم جهاز استشعار بالسعة عازلة. فكرة مكثف المستخدمة في جهاز استشعار بالسعة هو عملية تخزين وإطلاق الطاقة الكهربائية في شكل الشحنات الكهربائية في مكثف يتأثر مساحة والمسافة والعوازل. طبيعة أجهزة الاستشعار بالسعة التي يمكن استخدامها في عملية القياس . ويستخدم هذا الفكرة في دائرة مذبذب لتقييم العلاقة مسافة مع تردد أنه سيتم دراستها من حيث المبدأ على مفهوم بالسعة لقياس سماكة الفيلم بناء على أمر من الصغير.

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة مفهوم مبدأ بالسعة من خلال إنشاء رابط مع نطاق تردد لتحديد سمك الأغشية الرقيقة مع مبدأ بالسعة. المسافة المستخدمة في المعايرة هي 0.001 مم؛ 0.002 مم؛ 0.003 مم؛ 0.004 مم؛ 0.005 مم؛ 0.006 مم؛ 0.007 مم؛ 0.008 مم؛ 0.009 و 0.01 ملم. البرنامج يستخدم صيغة معادلة $d = \text{يجدث (و) + ج}$ ، وكانت دقة الأبحاث خطأً بين 0.001 ملم إلى 0.002 ملم.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan bidang sains dan teknologi lapisan tipis dewasa ini memang mempunyai peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi lapisan tipis sudah dikenal berpuluh-puluh tahun di industri besar maupun kecil. Proses teknologinya terus menerus dikembangkan sampai sekarang dengan menggunakan proses-proses modifikasi terbaru, terlebih lagi setelah digunakannya deposisi material tertentu pada substrat dan pembuatan lapisan dengan ketebalan menurut yang dikehendaki.

Aplikasi dari teknologi ini telah menjangkau dan mengakomodir berbagai bidang, baik bidang fisika, industri maupun bidang ilmu pengetahuan lainnya. Pada bidang mekanika, teknologi ini banyak digunakan untuk meningkatkan daya tahan korosi. Pada bidang optik, teknologi ini digunakan untuk membuat lensa anti refleksi, cermin reflektor, kaca pelindung cahaya, perlengkapan kamera, pandu gelombang, dan sebagainya. Pada bidang elektronika, lapisan tipis digunakan untuk membuat kapasitor, semikonduktor, head perekam, dan berbagai sensor. Pada bidang industri lapisan tipis digunakan untuk berbagai fungsi dekoratif.

Dalam aplikasinya, alat ukur ketebalan lapisan tipis banyak ditentukan oleh banyak variabel, salah satunya ketebalan dari lapisan tersebut. Misalnya, dalam aplikasinya di bidang optik, ketebalan suatu lapisan tipis sangat berpengaruh

terhadap kualitas material dan sifat optisnya. Dalam pembuatan lapisan tipis, salah satunya dikenal dengan metode spin coating yaitu metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat yang diputar (Gray, 1999). Setelah substrat diputar dengan kecepatan konstan larutan akan menyebar ke tepi substrat. Dimana dalam pembuatan sampel lapisan tipis dengan metode spin coating ini, hasil sebaran larutan lapisan tipis sebagian besar tidak merata pada semua bagian pada substrat sehingga tiap bagian pada substrat berbeda-beda ketebalannya. Kemungkinan hal ini juga disebabkan oleh metode penyiapan sampel uji yang kurang baik yang dapat merusak lapisan tipis. Maka dari itu, pentingnya mendapatkan metode penyiapan sampel uji yang baik dan melakukan pengukuran sebaran ketebalan lapisan tipis hasil spin coating.

Pengukuran ketebalan lapisan tipis yang sering digunakan sekarang ini adalah metode *Ellipsometri*, *Gravimetri* dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Farid, 1994). Pengukuran ketebalan lapisan tipis dengan metode Ellipsometri didasarkan pada penghitungan perubahan keadaan polarisasi cahaya yang dipantulkan dari lapisan atau substrat. Gravimetri didasarkan pada perubahan massa atau berat terhadap dimensi geometrinya. Metode Ellipsometri dan Gravimetri cukup sulit dilakukan. Sedangkan Prinsip kerja *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah menembak permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Berkas elektron berenergi tinggi yang mengenai permukaan sampel dapat merusak sampel tersebut. Selain itu, pengukuran ketebalan lapisan tipis dengan metode SEM ini memerlukan biaya yang paling mahal diantara metode

yang lainnya (Abdullah, 2009). Acuan dari penelitian ini adalah pada percobaan pengukuran ketebalan lapisan tipis dengan metode interferometrik, pada percobaan tersebut masih ada beberapa kekurangan dalam menentukan hasil berdasarkan teori dan hasil dari percobaan. Maka dari itu dilakukan percobaan pengukuran ketebalan lapisan tipis dengan menggunakan prinsip kapasitif diusulkan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.

Pengkajian terkait dengan pengukuran oleh beberapa ilmuwan terdahulu. Merujuk pada surat Al Qamar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*”. (Q.S. Al Qamar:49)

Dan juga ditunjukkan pada surat Al Furgan ayat 2:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ
وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

“*yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya*”. (QS. Al Furqan:2)

Maksudnya: segala sesuatu yang dijadikan Tuhan diberi-Nya perlengkapan-perengkapan dan persiapan-persiapan, sesuai dengan naluri, sifat-sifat dan fungsinya masing-masing dalam hidup.

Dalam dunia elektronika sudah tidak asing lagi dengan yang dinamakan dengan Kapasitor. Alat ini merupakan komponen yang biasanya dipasang pada alat-alat elektronika. Fungsi kapasitor adalah untuk menyimpan muatan dan energi. Kapasitor sendiri memiliki beberapa macam, namun yang biasanya sering kita gunakan atau yang sering kita temui adalah kapasitor plat sejajar.

Kapasitor memiliki banyak kegunaan di bidang teknologi yang berguna bagi kehidupan manusia. Kapasitor adalah salah satu komponen pada rangkaian listrik yang dapat menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik. Saat pertama kalidihubungkan dengan sumber listrik, kapasitor akan mengisi dirinya dengan muatan-muatan listrik peristiwa inilah yang disebut dengan proses *charging*. Setelah penuh, kapasitor akan menghentikan arus listrik di dalamnya sehingga rangkaian listrik akan bersifat open. Namun saat sumber listrik dimatikan dari rangkaian, kapasitor dapat bersifat sebagai sumber listrik dengan cara melepas muatan listrik kepada rangkaian peristiwa ini disebut *discharging*. Kapasitor umumnya terbuat dari dua konduktor yang di antaranya terdapat materi dielektrik seperti kaca, plastik. Umumnya bahan dielektrik adalah bahan isolator atau bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik. Namun akibat adanya aliran listrik yang merupakan aliran elektron, atom penyusun dielektrik menjadi tidak seimbang dan akhirnya menimbulkan muatan-muatan listrik. Sehingga setiap bahan dielektrik memiliki nilai permitivitas masing-masing, yang akhirnya mempengaruhi nilai kapasitansi. Hal inilah yang menjadi latar belakang dilakukannya penelitian Plat

Kapasitor ini. Penelitian ini berguna untuk menentukan kapasitansi pada dua plat sejajar dan mengetahui pengaruh diameter plat dan tegangan terhadap kapasitansi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan ketebalan lapisan dengan menggunakan prinsip kapasitif?
2. Bagaimana ketepatan dari alat ukur ketebalan lapisan tipis dengan prinsip kapasitif?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Dapat menentukan ketebalan lapisan dengan menggunakan prinsip kapasitif.
2. Mengetahui perbandingan dan menyempurnakan dari penelitian sebelumnya.

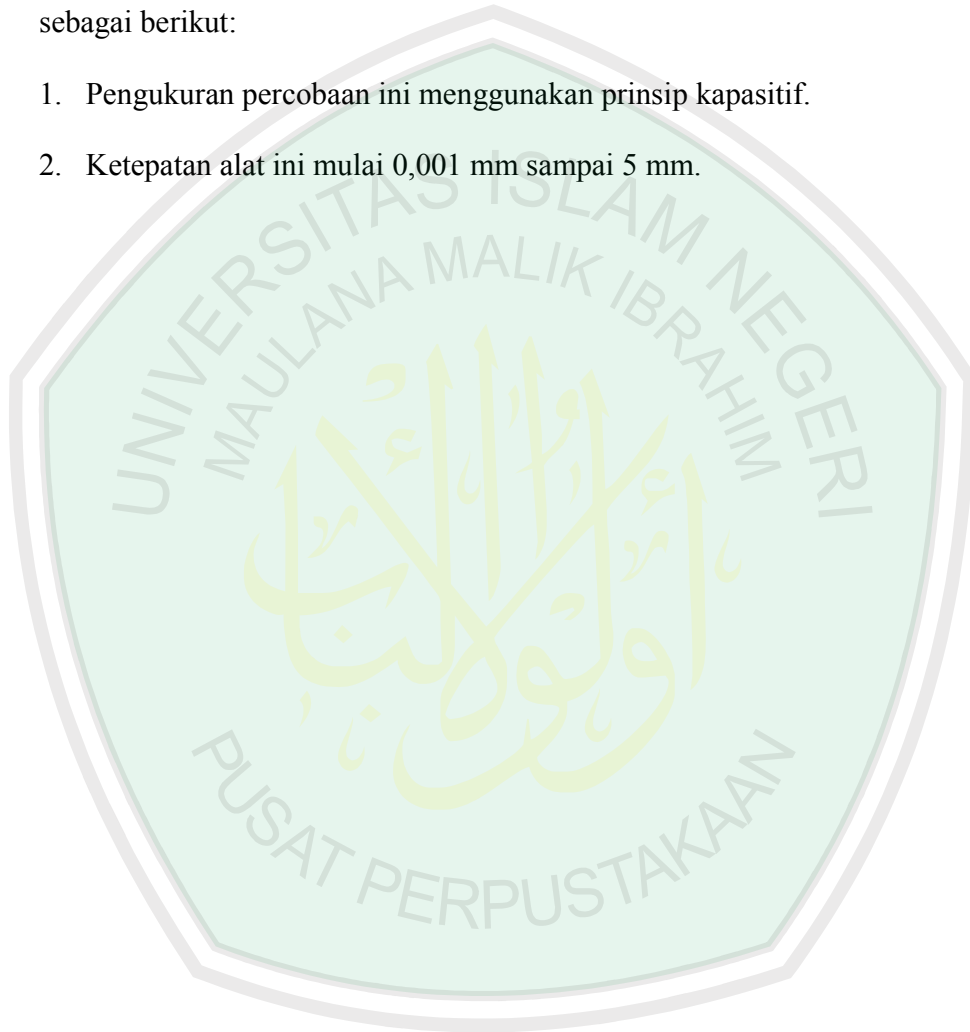
1.4 Manfaat

1. Dapat menentukan ketebalan lapisan tipis dalam orde mikro.
2. Dapat menyempurnakan penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan alat ukur ketebalan lapisan tipis.
3. Dengan prinsip kerja dari alat ini diharapkan dapat berfungsi sebagai alat pengukur ketebalan lapisan tipis dan pembuatan alat yang lebih sempurna untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan dan kemampuan penulis, adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengukuran percobaan ini menggunakan prinsip kapasitif.
2. Ketepatan alat ini mulai 0,001 mm sampai 5 mm.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Muatan Listrik

Sebuah gejala yang membuktikan adanya muatan listrik salah satunya adalah batang karet digosok dengan bulu, kemudian didekatkan pada dua bola kecil ringan yang digantungkan pada tali, ternyata kedua bola itu mula-mula ditarik oleh karet dan beberapa detik kemudian ditolak, sedang kedua bola tersebut tolak menolak. Hasil yang sama akan diperoleh bila batang gelas digosok dengan kain sutera didekatkan pada dua bola kecil dan ringan seperti diatas. Jika bola yang ditolak oleh karet yang telah digosok bulu didekatkan pada bola yang ditolak oleh gelas yang telah digosok dengan kain sutera, maka bola-bola tersebut saling tarik-menarik (Young, 2003).

Gejala-gejala diatas dapat diterangkan dengan mudah dengan konsep muatan listrik. Dari gejala-gejala diatas jelas bahwa ada dua macam muatan listrik. Muatan yang ditolak oleh gelas yang digosok pada kain sutera adalah muatan positif, sebaliknya muatan yang ditolak oleh karet yang digosok dengan bulu adalah muatan negatif (Halliday & Resnick, 1996)

Pengkajian yang terkait dengan listrik ditunjukkan pada ayat:

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مَثَلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۗ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۗ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا

غَرَبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُّورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ
 وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) Hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu (QS. An-Nuur/24:35) .

Yang dimaksud lubang yang tidak tembus (misykat) ialah suatu lobang di dinding rumah yang tidak tembus sampai kesebelahnya, biasanya digunakan untuk tempat lampu, atau barang-barang lain. Maksudnya: pohon zaitun itu tumbuh di puncak bukit ia dapat sinar matahari baik di waktu matahari terbit maupun di waktu matahari akan terbenam, sehingga pohonnya subur dan buahnya menghasilkan minyak yang baik.

Dalam hubungan sains dan teknologi, integrasi pada penelitian ini adalah masalah adalah pengukuran, ditunjukkan pada ayat:

وَنَضَعُ الْمَوَازِينَ الْقِسْطَ لِيَوْمِ الْقِيَامَةِ فَلَا تُظْلَمُ نَفْسٌ شَيْئًا وَإِنْ كَانَ مِثْقَالَ حَبَّةٍ مِّنْ حَرْدَلٍ أَتَيْنَا بِهَا وَكَفَى بِنَا حَاسِبِينَ

Kami akan memasang timbangan yang tepat pada hari kiamat, Maka Tiadalah dirugikan seseorang barang sedikitpun. dan jika (amalan itu) hanya seberat biji sawipun pasti Kami mendatangkan (pahala)nya. dan cukuplah Kami sebagai Pembuat perhitungan(QS. Al Anbiyaa /21:47).

Muatan listrik merupakan sifat materi yang sangat mendasar. Pada dasarnya muatan listrik dikaitkan dengan partikel yang seukuran atom, seperti elektron dan proton. Setiap benda tersusun atas atom-atom. Setiap atom tersusun dari inti atom yang berada di sebelah dalam dan elektron berada di sebelah luar. Sebuah atom dikatakan netral secara kelistrikan apabila bila jumlah elektron di kulitnya normal. Jika jumlah elektron lebih banyak maka atom tersebut bermuatan negatif, bila kekurangan elektron dari jumlah normalnya maka atom tersebut bermuatan positif (Haliday & Resnick, 1996).

Muatan listrik pada benda bersifat terkuantitasi, artinya nilai muatan itu merupakan kelipatan bulat dari muatan elementer (e) yang besarnya $1,602 \times 10^{-19}$ coulomb. Muatan elektron senilai dengan $-e$ dan muatan proton sesuai dengan $+e$. Itu artinya besar muatan pada elektron dan proton sama tetapi jenis muatannya berbeda (Jati & Priyambodo, 2010). Jumlah muatan listrik bersifat kekal (*conserved static*) sehingga dalam setiap reaksi dalam sistem tertutup atau terisolasi maka jumlah muatan listrik yang terlibat selalu kekal (Jati & Priyambodo, 2010).

Jumlah muatan listrik bersifat kekal (*conserved static*) sehingga dalam setiap reaksi dalam sistem tertutup atau terisolasi maka jumlah muatan listrik yang terlibat selalu kekal (Jati & Priyambodo, 2010).

2.2 Arus Listrik

Elektron–elektron bebas di dalam sebuah penghantar logam yang terisolasi, seperti suatu panjang dari kawat tembaga, berada di dalam gerakan sembarang seperti

halnya molekul–molekul sebuah gas yang dibatasi di dalam sebuah tabung. Elektron–elektron tersebut tidak mempunyai gerakan terarah netto sepanjang kawat. Jika kita melewati sebuah bidang hipotetik melalui kawat tersebut, maka banyaknya elektron melalui sebuah bidang tersebut persatuan waktu dari kanan ke kiri adalah sama seperti banyaknya elektron yang melalui bidang tersebut persatuan waktu jumlah berat bersih dari elektron yang melalui bidang tersebut adalah nol (Halliday & Resnick, 1996).

Jika ujung kawat tersebut dihubungkan ke sebuah baterai maka sebuah medan listrik akan ditimbulkan pada setiap titik didalam kawat tersebut. Jika perbedaan potensial yang dipertahankan oleh baterai adalah 10 V dan jika kawat tersebut mempunyai panjang 5 m maka kekuatan medan ini setiap titik akan sama dengan 2 V/m. Medan E ini akan bertindak pada elektron–elektron dan akan memberikan suatu gerak resultan pada elektron–elektron tersebut di dalam arah E. Kita mengatakan bahwa sebuah arus listrik dihasilkan dari muatan q melalui penampang penghantar selama waktu t, maka dapat ditulis:

$$I = \frac{q}{t} \dots \dots \dots (2.1)$$

Satuan SI yang sesuai adalah ampere untuk i, coulomb untuk muatan q, dan detik untuk t. Jika banyak muatan yang mengalir persatuan waktu tidak konstan maka arus akan berubah dengan waktu dan diberikan oleh limit difrensial yaitu:

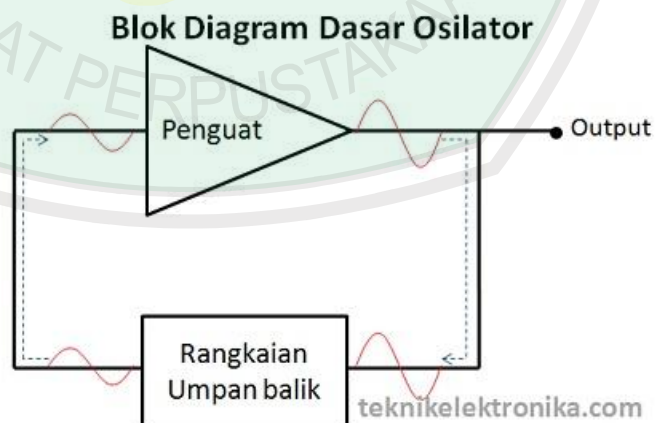
$$I = \frac{dq}{dt} \dots \dots \dots (2.2)$$

(Halliday & Resnick, 1996)

2.3 Rangkaian Isolator

Osilator adalah suatu rangkaian elektronika yang menghasilkan sejumlah getaran atau sinyal listrik secara periodik dengan amplitudo yang konstan. Gelombang sinyal yang dihasilkan ada yang berbentuk Gelombang Sinus (*Sinusoidal Wave*), Gelombang Kotak (*Square Wave*) dan Gelombang Gigi Gergaji (*Saw Tooth Wave*). Pada dasarnya sinyal arus searah atau DC dari pencatu daya (*power supply*) dikonversikan oleh Rangkaian Osilator menjadi sinyal arus bolak-balik atau AC sehingga menghasilkan sinyal listrik yang periodik dengan amplitudo konstan.

Sebuah Rangkaian Osilator sederhana terdiri dari Dua bagian utama, yaitu Penguat (Amplifier) dan Umpan Balik (Feedback). Berikut ini Blok Diagram dasar sebuah Rangkaian Osilator.



Gambar 2.1 Rangkaian Osilator

Pada dasarnya, Osilator menggunakan sinyal kecil atau desahan kecil yang berasal dari Penguat itu sendiri. Pada saat Penguat atau Amplifier diberikan arus listrik, desah kecil akan terjadi, desah kecil tersebut kemudian diumpanbalik ke Penguat sehingga terjadi penguatan sinyal, jika keluaran (output) penguat sefasa dengan sinyal yang diumpanbalik (masukan) tersebut, maka Osilasi akan terjadi.

2.3.1 Reaksi dari rangkaian osilator

Osilator adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat membangkitkan getaran listrik dengan frekuensi tertentu dan amplitudonya tetap. Dasar dari sebuah osilator yaitu rangkaian penguat dengan system feedback, yaitu sebagian sinyal keluaran yang dikembalikan lagi ke masukan dengan fase dan tegangan yang sama sehingga terjadi osilasi yang terus menerus. Adapun beberapa bagian yang menjadi syarat untuk sebuah osilator supaya terjadi osilasi yaitu adanya rangkaian penguat, rangkaian feedback, dan rangkaian circuit.

Rangkaian feedback yaitu suatu rangkaian umpan balik yang sebagian sinyal keluarannya dikembalikan lagi ke masukan, hal ini salah satu sistem supaya terjadinya tegangan dan fase yang sama antara input dan output, juga menjadi salah satu syarat penting terjadinya osilasi pada sebuah rangkaian osilator. Pada umumnya rangkaian feedback menggunakan komponen R dan C (Malvino, 1993). Tank circuit yaitu rangkaian yang menentukan frekuensi kerja dari osilator frekuensi pembawa (carrier) yang digunakan komponen L dan C karena semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin kecil harga komponen yang digunakan lain halnya

menggunakan R dan C karena frekuensi yang dihasilkan tidak akan bisa mencapai harga resistor. Tinggi rendahnya frekuensi bisa ditentukan pada komponen L dan C pada tank circuit dan besarnya frekuensi dapat ditentukan (Floyd, 1993).

2.4 Kapasitor

Kapasitor adalah sebuah piranti yang digunakan untuk menyimpan muatan dan energi. Kapasitor terdiri dari dua konduktor yang berdekatan tetapi terisolasi satu sama lain dan membawa muatan yang sama besar dan berlawanan. Konfigurasi konduktor-konduktor yang berperan sebagai penyimpan muatan. Kapasitor biasanya digunakan untuk memperhalus riak yang timbul karena arus bolak-balik dikonversi menjadi arus searah pada catu daya (William, 2006).

Kapasitas kapasitor, yang dilambangkan dengan C , merupakan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan Q pada beda potensial V . Hal itu dinyatakan dalam persamaan:

$$C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.3)$$

Nilai C pada kapasitor dapat diperbesar dengan cara memperkecil V pada Q yang tetap. Nilai C pada kapasitor tergantung pada geometri konduktor, jenis dielektrik, dimensi kapasitor, dan jarak antara dua konduktor (Halliday & Resnick, 1996).

Salah satu cara yang digunakan untuk mengisi kapasitor adalah dengan menepatkannya pada rangkaian yang dihubungkan dengan baterai. Rangkaian listrik merupakan jalan yang digunakan muatan untuk mengalir, baterai merupakan

komponen yang memberikan beda potensial diantara terminal. Saat rangkaian tertutup, elektron akan mengalir menuju salah satu plat konduktor, menyebabkan plat tersebut memperoleh elektron dan menjadi bermuatan negatif. Sedangkan plat yang lainnya mengalami kehilangan elektron karena elektronnya bergerak menuju baterai, sehingga bermuatan positif dengan jumlah yang sama dengan plat negatif. Saat plat tidak bermuatan, beda potensial diantara kedua plat bernilai nol. Saat plat bermuatan berlawanan, beda potensial meningkat hingga nilainya sama dengan beda potensial V antara kutub-kutub baterai. Hal ini menyebabkan tidak ada medan listrik pada kabel antara kedua plat. Sehingga, dengan medan listrik bernilai nol, tidak ada elektron yang mengalir, dan kapasitor dapat dikatakan terisi penuh. Saat pengisian kapasitor dan sesudah pengisiannya, muatan tidak dapat berpindah dari plat satu menuju plat lainnya melewati celah diantara kedua plat. Jadi dapat diasumsikan bahwa kapasitor mampu menyimpan muatannya dalam waktu yang tak terbatas hingga dirangkakan pada suatu rangkaian dimana muatannya dapat berkurang (Halliday & Resnick, 1996).

2.5 Kapasitansi

Elemen makanan yang menyimpan energi dalam suatu medan listrik disebut sebagai kapasitor. Jika tegangan berubah-ubah selama siklus, maka energi akan disimpan selama satu bagian siklus dan dikembalikan pada bagian siklus berikutnya. Kalau induktansi tidak dapat menahan energi setelah sumber dilepas karena medan

magnetnya habis, maka kapasitansi dapat mempertahankan muatan ini dan medan listriknya akan tetap walaupun sumber dilepaskan (Nahwi, 2004).

Apabila sebuah muatan, misalnya proton dilepaskan dari kutub positif, maka proton tersebut akan bergerak ke kutub negatif. Proton mengalami percepatan karena gaya elektrostatis yang dihasilkan dari medan listrik E . Potensial yang dimiliki oleh sebuah muatan sebanding dengan muatan tersebut, sehingga:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \rightarrow V \propto Q \dots\dots\dots(2.4)$$

Karena V adalah sebanding dengan Q , apabila jumlah muatan Q dilipat gandakan menjadi $2Q$, maka V akan menjadi dua kali lipat dari V semula yakni $2V$. Rasio antara Q dan V adalah konstan, dan rasio inilah yang disebut dengan Kapasitansi. Kapasitansi disimbolkan dengan huruf C , dan secara umum dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.5)$$

Kapasitansi sebuah kapasitor tidak dipengaruhi oleh Q dan V , tetapi dipengaruhi oleh rasio-rasionya saja dimana rasio tersebut adalah:

$$C = 4\pi\epsilon_0 r \dots\dots\dots(2.6)$$

Jadi kapasitansi sebuah kapasitor hanya dipengaruhi oleh geometri dan susunan kapasitor tersebut (Murdaka, 2010).

2.6 Macam–Macam Kapasitor

2.6.1 Kapasitor Plat Sejajar

Kapasitor pelat sejajar yang dihubungkan dengan sumber arus searah yang memberikan beda potensial V_0 , di antara kedua pelat itu vakum dan ketika muatan yang tersimpan dalam pelat itu maksimum, saat itu pula arus searahnya dilepas. Berikutnya kapasitor tersebut di isolasi agar muatan yang tersimpan dalam pelat tidak hilang. Jika di antara pelat tersebut diganti dengan isolator, maka beda potensial pada kedua pelat tersebut berubah menjadi V yang nilainya lebih kecil dari V_0 . Isolator yang ditempatkan di antara dua pelat konduktor disebut dengan Dielektrik. Adapun tetapan dielektrik dilambangkan dengan:

$$k = \frac{V_0}{V} \dots\dots\dots(2.7)$$

Nilai k bergantung pada jenis isolator yang dipakai. Seandainya sebuah kapasitor pelat sejajar berisolator vakum bermuatan keseluruhan Q_0 beda potensial V_0 dan berkapasitas C_0 . Maka setelah diisi dengan isolator lain, beda potensialnya menjadi V dan Kapasitasnya C sehingga:

$$C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tetapan $k\varepsilon_0 = \varepsilon$ disebut dengan permitivitas isolator (Jati & Priyambodo, 2010).

Dielektrik pada kapasitor memiliki keterbatasan, sebab kuat medan listrik yang besar dapat mengakibatkan ionisasi pada dielektrik sehingga dielektrik yang semula isolator dapat berubah menjadi konduktor, dan menyebabkan dielektrik

breakdown sehingga kapasitor pun bocor. Kuat medan listrik maksimum E_{bd} yang masih dapat digunakan pada sebuah dielektrik kapasitor disebut dengan kekuatan dielektrik. Kekuatan dielektrik ini bergantung pada struktur fisis kapasitor. Jika jarak antara pelat sejajar adalah d maka E_{bd} dinyatakan dalam kV/mm dan memenuhi kaitan:

$$E_{bd} = \frac{V_{bd}}{d} \dots\dots\dots(2.9)$$

(Jati & Priyambodo, 2010)

Kapasitor keeping sejajar terdiri dari dua keeping konduktor yang luasnya sama dan dipasang sejajar. Kapasitansinya dirumuskan dengan

$$C = \frac{Q}{V}, \text{ karena } V = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \epsilon} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$C = \frac{Q}{\frac{Q \cdot d}{A \cdot \epsilon}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Sehingga diperoleh rumus kapasitas kapasitor keeping sejajar

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

C: kapasitas kapasitor (farad)

ϵ : permitivitas ruang hampa= $8,85 \cdot 10^{-12} C^2/N.m^2$

A: luas penampang masing-masing keeping (m^2)

D: jarak antar keeping

Persamaan di atas berlaku jika antara keping berisi udara, tetapi apabila antara kepingnya diisi dengan medium dielektrik lain seperti mika, porselen, atau keramik yang mempunyai koefisien dielektrikum K , maka persamaannya menjadi:

$$C = C_0 \cdot K \cdot \frac{A}{d} \dots \dots \dots (2.13)$$

2.6.2 Kapasitor Bola

Kapasitor ini terdiri dari dua buah konduktor konsentris. Bola sebelah dalam berjari-jari a bermuatan keseluruhan $+Q$ yang tersebar homogen dipermukaan bola, dan berjari-jari luar b yang bermuatan $-Q$. Bola dalam dan luar mempunyai muatan yang senilai tetapi berlainan tanda, pada kondisi demikian kapasitor menyimpan muatan listrik Q (Halliday & Resnick, 1996).

2.6.3 Kapasitor Silinder Koaksial

Kapasitor ini terbuat dari 2 buah konduktor berbentuk silinder konsentris. kedua konduktor silinder itu mempunyai panjang l , masing-masing berjari-jari a , mediumnya vakum atau udara, serta mempunyai muatan masing-masing $+Q$ dan $-Q$ yang tersebar dipermukaan silinder (Halliday & Resnick, 1996).

2.7 Dielektrikum

Dielektrikum adalah bahan yang tidak mempunyai elektron bebas. Jika suatu dielektrikum tidak dipengaruhi oleh medan listrik, maka muatan positif dan negatif tidak berpisah (Giancoli, 2010).

Jika suatu dielektrikum dipengaruhi medan listrik maka muatan negatif pada dielektrikum akan ditarik ke arah yang bertentangan dengan arah medan listrik,

sdangkan muatan positif akan ditarik ke arah yang searah dengan arah medan listrik. sehingga muatan positif dan negatif akan terpisah. Pengaruh muatan positif pada dielektrikum saling menetralkan, sehingga yang berpengaruh adalah muatan yang terdapat di pinggir dielektrikum. Dengan adanya muatan induksi pada tepi-tepi dielektrikum, maka kuat medan listrik akan semakin kecil (Fisika, 2010).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_i}{\epsilon_0} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{XE}{\epsilon_0} \dots\dots\dots(2.15)$$

Didefinisikan tetapan dielektrum adalah ke :

$$ke = 1 + \frac{X}{\epsilon_0} \dots\dots\dots(2.16)$$

maka

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 ke} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dari persamaan tersebut, σ adalah muatan asli sedangkan ϵ_0 adalah muatan induksi. X adalah suseptibilitas (Giancoli, 2010).

2.8 Penyimpanan Muatan Kapasitor

Semua konfigurasi muatan mempunyai suatu tenaga potensial listrik U yang tertentu, yang sama dengan kerja W (positip atau negatip) yang harus dilakukan untuk

mengumpulkan muatan-muatan tersebut dari masing-masing komponennya, yang pada mulanya dianggap berjarak tak hingga terhadap satu sama lain dalam keadaan diam (Halliday & Resnick, 1996).

Sebuah kapasitor terdapat medan listrik E pada setiap titik di dalam ruang, di dalam medan listrik tersebut tersimpan tenaga listrik diantara plat-plat tersebut yang sesungguhnya memang tersimpan di dalam setiap medan listrik, bagaimanapun medan listrik itu dihasilkan. Karena kapasitor dapat membatasi medan-medan listrik yang kuat ke volume kecil, maka kapasitor dapat berfungsi sebagai alat yang berguna untuk menyimpan tenaga dimana di dalam tenaga tersebut terdapat suatu muatan (Halliday & Resnick, 1996).

2.9 Manfaat Kapasitor dalam Kehidupan

Kapasitor memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, pada suatu kamera digunakan suatu kapasitor untuk menyimpan energi yang diperlukan untuk memberikan cahaya kilat (Tipler, 1991).

Kapasitor juga digunakan untuk memperhalus riak yang timbul ketika arus bolak-balik dikonversi menjadi arus searah pada catu daya, sehingga dapat digunakan pada kalkulator atau radio ketika baterai tidak dapat digunakan (Tipler, 1991).

Kabel koaksial, seperti yang digunakan pada televisi dapat dikategorikan sebagai kapasitor silinder. Kabel pejal pada kapasitor silinder panjang sebagai konduktor terdalam dan lapisan kabel-kabel tipis sebagai konduktor terluar. Pelapis

karet terluar diperhatikan untuk menunjukkan konduktor–konduktor dan isolator plastik putih yang memisahkan konduktor–konduktor (Tipler, 1991).

2.10 Sensor Kapasitif

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor ini 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. 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 (Baxter, 2000).

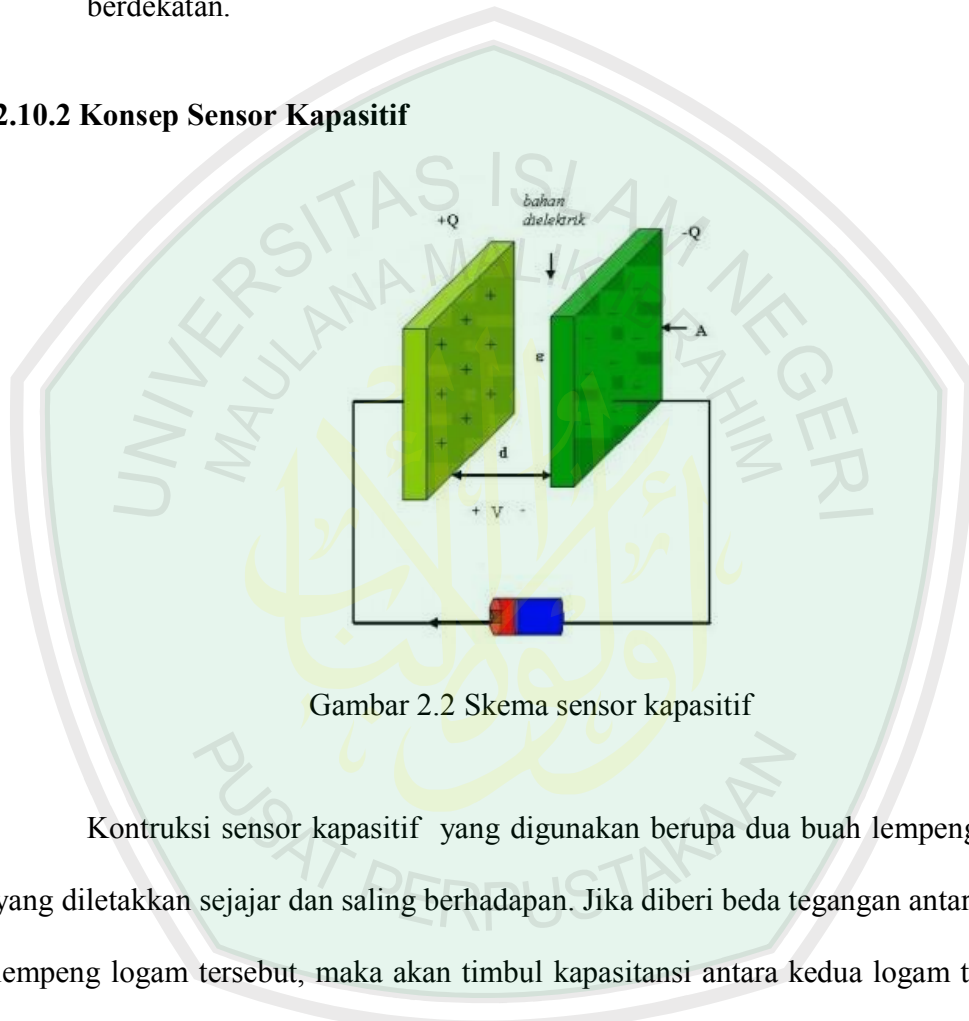
Sifat sensor kapasitif yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengukuran diantaranya adalah sebagai berikut: (Baxter, 2000).

2.10.1 Sifat Sensor Kapasitif yang Dimanfaatkan Dalam Pengukuran

- a) Jika luas permukaan dan dielektrika (udara) dalam dijaga konstan, maka perubahan nilai kapasitansi ditentukan oleh jarak antara kedua lempeng logam.
- b) Jika luas permukaan dan jarak kedua lempeng logam dijaga konstan dan volume dielektrikum dapat dipengaruhi maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh ketebalan bahan dielektrik yang diberikan.

- c) Jika luas dan dielektrikum (udara) dijaga konstan, maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh luas jarak kedua lempeng logam yang saling berdekatan.

2.10.2 Konsep Sensor Kapasitif



Gambar 2.2 Skema sensor kapasitif

Konstruksi sensor kapasitif yang digunakan berupa dua buah lempeng logam yang diletakkan sejajar dan saling berhadapan. Jika diberi beda tegangan antara kedua lempeng logam tersebut, 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), seperti ditunjukkan oleh persamaan berikut:(Baxter, 2000).

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa (8,85.10⁻¹² F/m)

ϵ_r = Permittivitas relatif (udara = 1)

A = Luas plat / lempeng dalam m²

D = Jarak antara plat dan lempeng dalam m

2.10.3 Aplikasi Sensor Kapasitif

- a) Sensor Tekanan: menggunakan sebuah membran yang dapat merenggang sehingga tekanan dapat dideteksi dengan menggunakan *spacing-sensitive detector*.
- b) Sensor Berat: menggunakan perubahan nilai kapasitansi diantara kedua plat yang jarak kedua plat berubah sesuai beban berat yang diterima.
- c) Ketinggian cairan: menggunakan perubahan nilai kapasitansi antara kedua plat konduktor yang dicelupkan kedalam cairan.
- d) Jarak: jika sebuah objek metal mendekati elektroda kapasitor, didapat nilai kapasitansi yang berubah-ubah.

2.11 Pengkondisi Sinyal

Pengkondisian sinyal merupakan suatu konversi sinyal menjadi bentuk yang lebih sesuai yang merupakan antarmuka dengan elemen-elemen lain dalam suatu kontrol proses. Dalam hal ini dibedakan menjadi 2 (dua) teknik, yaitu pengkondisi sinyal analog dan pengkondisi sinyal digital.

2.11.1 Pengkondisi Sinyal Analog

a) Prinsip Pengkondisi Sinyal Analog

Prinsip kerja sensor ialah mengubah suatu besaran non listrik yang terukur menjadi suatu besaran listrik. Untuk membentuk sensor tersebut kita memanfaatkan variabel dinamik yang mempengaruhi karakteristik suatu bahan. Pengkondisi sinyal analog berperan penting sebagai pengubah keluaran sensor ke suatu bentuk yang merupakan antarmuka dengan elemen-elemen lain pada suatu kontrol proses. Terkadang kita menggambarkan efek pengkondisi sinyal sebagai persamaan fungsi transfer. Melalui persamaan tersebut kita mengartikan efek suatu pengkondisi sinyal pada sinyal masukan. Jadi sebuah penguat tegangan sederhana mempunyai fungsi transfer dan suatu konstanta yang ketika dikalikan terhadap masukan tegangan akan memberikan keluaran tegangan.

b) Level Sinyal dan Perubahan Bias

Satu dan sebagian besar tipe pengondisi sinyal melibatkan menyesuaikan level (magnitudo) dan bias (nilai nol) dan suatu tegangan yang mewakili sebuah variabel proses. Contohnya suatu keluaran tegangan sensor bervariasi antara 0,2 V sampai 0,6 V sebagai perubahan variabel proses terhadap kisaran pengukuran. Bagaimanapun, suatu alat dengan sensor ini harus mempunyai keluaran tegangan bervariasi dan 0 volt sampai 5 volt untuk variasi yang sama pada variabel proses.

c) Level Sinyal dan Perubahan Bias

Kita melakukan pengkondisi sinyal yang diperlukan dengan pertama mengubah menjadi nol ketika keluaran sensor adalah 0,2 V. Ini dapat dilakukan dengan mengurangi 0,2 dan keluaran sensor, yang disebut pergeseran nol atau penyesuaian bias. Sekarang kita mempunyai tegangan antara 0 V sampai 0,4 V, sehingga kita perlu tegangan yang lebih besar. Jika kita kalikan tegangan dengan 12,5, tegangan keluaran yang baru akan bervariasi antara 0 V sampai 5 V seperti yang diperlukan.

d) Linierisasi

Seperti yang ditekankan diawal, suatu perancangan kontrol proses mempunyai sejumlah pilihan karakteristik keluaran sensor terhadap variabel proses. Sering kali hubungan yang terjadi antara masukan dan keluaran adalah tidak linier. Menurut sejarah, sirkuit analog dikhususkan untuk melinierkan sinyal. Sebagai contoh, keluaran sensor bervariasi dengan tidak linier terhadap variabel proses, suatu sirkuit penglinier, idealnya adalah sebagai pengkondisi keluaran sensor sehingga tegangan yang dihasilkan menjadi linier terhadap variabel proses. Sirkuit demikian sulit untuk dirancang dan biasanya beroperasi dengan suatu batas. Pendekatan modern terhadap masalah ini adalah memberikan sinyal nonlinier sebagai input pada komputer dan melinierkannya menggunakan *software*.

e) Konversi

Terkadang pengkondisi sinyal digunakan untuk mengkonversi satu tipe variasi listrik menjadi yang lain. Sejumlah sensor mempunyai prinsip kerja sebagai

perubahan resistansi terhadap variabel dinamik. Pada kasus ini, diperlukan suatu sirkuit untuk mengonversi perubahan resistansi ini menjadi tegangan atau sinyal tertentu. Transmisi sinyal merupakan tipe konversi yang penting yang berkaitan dengan kontrol proses standar dan pentransmisi sinyal sebagai level arus 4-20 mA dalam kabel. Ini memberikan peningkatan kebutuhan untuk mengkonversi resistansi dan level tegangan; pada level arus yang sesuai pada akhir pentransmisi dan untuk konversi arus kembali ke tegangan pada akhir penerimaan. Sehingga, konversi tegangan ke arus, arus ke tegangan seringkali digunakan. Antarmuka digital, penggunaan komputer pada kontrol proses memerlukan konversi format analog ke format digital, menggunakan IC yang disebut *analog to digital converter* (ADC) konversi sinyal analog biasanya memerlukan penyesuaian pengukuran sinyal analog agar sepadan terhadap input yang diperlukan untuk ADC.

f) Penyaringan dan Penyepadanan Impedansi

Dua pengkondisi sinyal yang lain ialah penyaringan dan penyepadanan impedansi. Seringkali sinyal-sinyal palsu dengan tingkat yang patut diperhitungkan nampak dalam lingkungan industri, seperti sinyal frekuensi 60 Hz. Dalam banyak kasus hal ini memerlukan high-pass, low-pass atau penyaring takik untuk menghilangkan sinyal-sinyal yang tak diinginkan. Penyaringan semacam itu dapat dilakukan filter pasif dengan hanya menggunakan resistor, kapasitor, dan induktor atau filter aktif, menggunakan gain dan feedback. Penyepadanan impedansi merupakan elemen penting dan suatu pengkondisi sinyal ketika impedansi internal transduser atau impedansi garis dapat menyebabkan eror pada

pengukuran dinamik variabel. Kedua jaringan pasif dan aktif itu diterapkan untuk memberikan penyepadanan tersebut.

g) Konsep Pembebanan

Satu dari yang paling penting berkaitan dengan pengkondisi sinyal analog adalah pembebanan dan satu sirkuit pada sirkuit yang lain. Secara kuantitatif pembebanan dapat dilukiskan sebagai berikut. Suatu keluaran sirkuit terbuka pada sebuah elemen adalah berupa tegangan V_s , ketika masukan suatu elemen adalah x . Elemen ini dapat berupa sensor atau bagian lain dan sirkuit pengkondisi sinyal seperti sirkuit jembatan atau penguat. Sirkuit terbuka artinya bahwa tidak ada yang terhubung dengan keluaran. Pembebanan terjadi ketika kita menghubungkan dengan sesuatu, suatu beban terhadap keluaran dan tegangan keluaran dan suatu elemen jatuh pada suatu harga, $V_y < V_x$. pembebanan yang berbeda akan menghasilkan jatuh tegangan yang berbeda pula. Secara kuantitatif, kita dapat mengevaluasi pembebanan sebagai berikut. Teorema thevenin mengatakan bahwa terminal keluaran dari dua buah terminal elemen yang dapat didefinisikan sebagai sebuah sumber tegangan yang sen dengan impedansi keluaran. Asumsikan ini adalah resistansi (resistansi keluaran) untuk membuat penggambaran menjadi lebih mudah diikuti. Ini disebut model rangkaian persamaan thevenin dan suatu elemen.

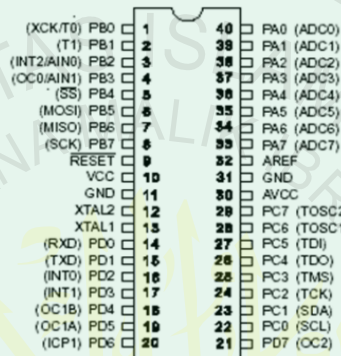
a. **Mikrokontroler ATmega 16**

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari (Permadani 2013:11):

1. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Mikrokontroler AVR 16 bit yang memiliki kecepatan yang tinggi, dengan daya rendah.
3. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte.
4. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
5. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
6. Unit interupsi *internal* dan *eksternal*.
7. Port USART untuk komunikasi serial.
8. Fitur Peripheral
 - a) Dua buah *Timer/ Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*.
 - b) Satu buah *Timer/ Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*.
 - c) *Real time counter* dengan osilator tersendiri
 - d) 4 channel PWM
 - e) 8 channel, 10-bit ADC

- f) *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- g) *Programmable Serial USART*
- h) Watchdog timer dengan osilator internal
- i) On-chip Analog Comparator



Gambar 2.3 IC Atmega 16

Konfigurasi pin ATmega16 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual In-line Package*) dapat dilihat pada gambar 2.4. Dari gambar di atas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega16 sebagai berikut (Permadani : 12):

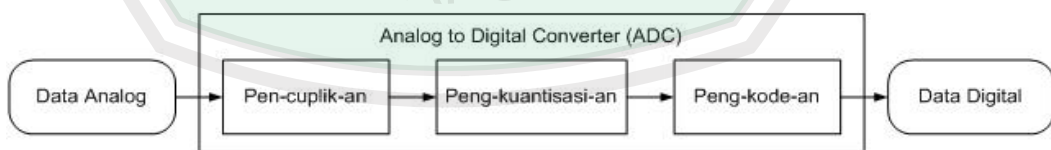
1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin Ground.
3. Port A (PA0 sampai PA7) merupakan pin *input/ output* dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0 sampai PB7) merupakan pin *input/ output* dua arah dan pin fungsi khusus.
5. Port C (PC0 sampai PC7) merupakan pin *input/ output* dua arah dan pin fungsi khusus.

6. Port D (PD0 sampai PD7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus seperti TXD (USART *Output Pin*) pada PD1 dan RXD (USART *Input Pin*) pada PD0.
7. *Reset* merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal dari sebuah komponen *Crystal*.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

Dalam pembuatan sistem monitoring suhu dan massa, mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data analog ke digital agar dapat diterjemahkan oleh *user* sebelum dikirim melalui *usart* (Permadani 2013:12).

b. ADC

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah suatu perangkat yang mengubah suatu data kontinu terhadap waktu (analog) menjadi suatu data diskrit terhadap waktu (digital) (Anonim, 2011).



Gambar 2.4 Skema ADC

ADC mengubah banyak masukan, terutama yang berasal dari transduser, merupakan isyarat analog yang harus disandikan menjadi informasi digital sebelum masukan itu diproses, dianalisa atau disimpan dalam kalang digital. Pengubah

mengambil masukan, mencobanya, dan kemudian memproduksi suatu kata digital bersandi yang sesuai dengan taraf dari sinyal analog yang sedang diperiksa. Keluaran digital bisa berderet (bit demibit) atau berjajar dengan semua bit yang disandikan disajikan serentak. Dalam sebagian besar pengubah, isyarat harus ditahan mantap selama proses pengubahan (Anonim, 2011). Jenis-jenis dari ADC serta fungsi dari masing-masing jenis ADC (Anonim, 2011) :

1. Tipe Integrating, menawarkan resolusi tertinggi dengan biaya terendah. ADC tipe ini tidak dibutuhkan rangkaian sample hold. Tipe ini memiliki kelemahan yaitu waktu konversi yang agak lama, biasanya beberapa milidetik.
2. Tipe tracking menggunakan prinsip *up down counter* (pencacah naik dan turun). Binary counter (pencacah biner) akan mendapat masukan clock secara kontinyu dan hitungan akan bertambah atau berkurang tergantung pada kontrol dari pencacah apakah sedang naik (*up counter*) atau sedang turun (*down counter*). ADC tipe ini tidak menguntungkan jika dipakai pada sistem yang memerlukan waktu konversi masukan keluaran singkat, sekalipun pada bagian masukan pada tipe ini tidak memerlukan rangkaian sample hold. ADC tipe ini sangat tergantung pada kecepatan clock pencacah, semakin tinggi nilai clock yang digunakan, maka proses konversi akan semakin singkat. Tipe *flash/parallel*, tipe ini dapat menunjukkan konversi secara lengkap pada kecepatan 100 MHz dengan rangkaian kerja yang sederhana.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini tentang alat ukur ketebalan lapisan tipis, yang merupakan penelitian eksperimental berskala laboratorium dengan menggunakan prinsip kapasitif.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret 2015 dan bertempat di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang meliputi tahap persiapan, perangkaian alat, pengukuran, analisa data, dan pelaporan.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Dalam penelitian digunakan beberapa alat, adapun alat-alatnya sebagai berikut :

1. Power supply
2. Solder
3. Digital multimeter
4. Micrometer
5. Plat kapasitor
6. Kabel

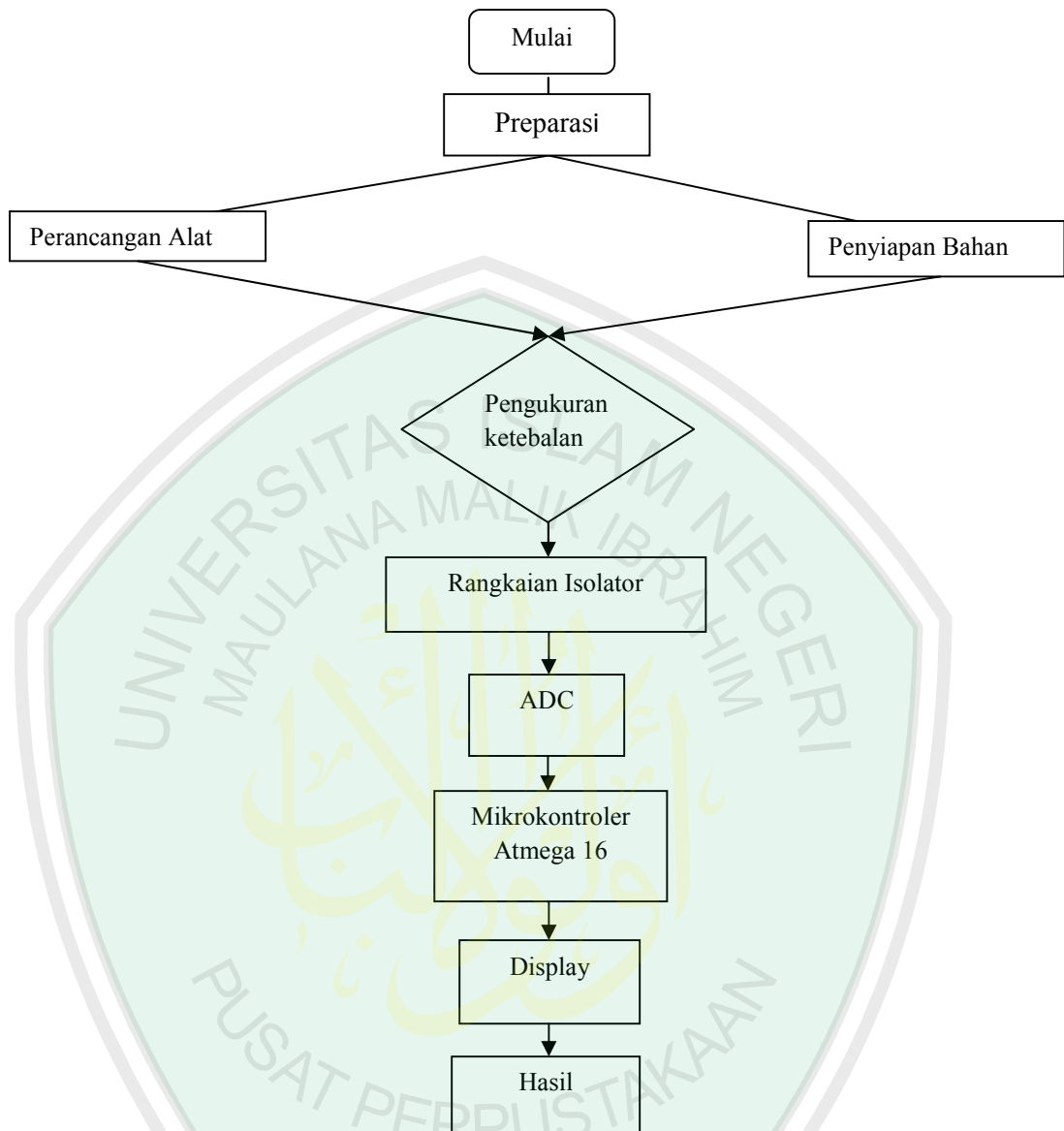
7. Resistor
8. Pcb
9. Mikrokontroler Atmega 16
10. Display

3.3.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan penelitian yang digunakan adalah :

1. Kertas HVS 60gr
2. Kertas HVS 70gr
3. Kertas Minyak
4. Kertas Manila
5. Art Karton
6. Doff Paper
7. Sublime Paper
8. Double-Side Paper
9. Fiber Matte
10. Laster Foto Paper
11. Canvas Paper
12. Inkjet Paper
13. Metallic paper
14. Kertas Cover
15. Kertas Kardus

3.4 Diagram Alir Penelitian



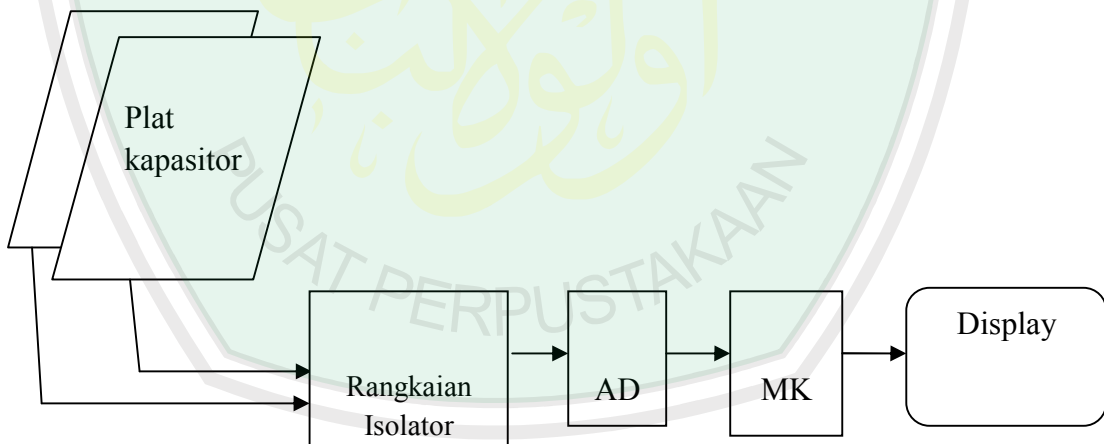
Gambar 3.1 Diagram block pengukuran

Sesuai dengan diagram alir diatas, maka bisa jelaskan masing-masing block sebagai berikut :

1. Dilakukan preparasi terlebih dahulu, mencakup preparasi alat dan preparasi bahan.
2. Lapisan tipis: merupakan bahan yang akan diukur ketebalannya.

3. Pengukuran ketebalan: sesuai dengan prinsip kapasitif menggunakan 2 buah plat sejajar.
4. Rangkaian Isolator: memanipulasi suatu sinyal agar sinyal tersebut memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya.
5. ADC (*analog digital converter*) :Rangkaian yang mengubah data kontinu terhadap waktu (analog) menjadi suatu data diskrit terhadap waktu (digital).
6. Mikrokontroler ATmega 16: Alat yang digunakan untuk memasukkan inputan berupa permivitas bahan (ϵ_r) dan juga sebagai pendeteksi keluaran berupa kapasitansi.
7. Display: Digunakan untuk menampilkan data dari percobaan.
8. Data hasil: Menunjukkan hasil dari percobaan.

3.5 Skema Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis



Gambar 3.2 Skema rancangan percobaan

3.5.1 Cara Kerja dari skema alat ukur ketebalan lapisan tipis

1. Disusun alat seperti pada gambar percobaan.
2. Diatur tegangan pada power supply.

3. Dimasukkan sampel pada box kapasitor untuk diukur berapa kapasitansi, yang nantinya akan dianalisa untuk mengetahui berapa ketebalan sample sesuai dengan prinsip kapasitif.
4. Rangkaian Isolator: bertujuan untuk memanipulasi suatu sinyal agar sinyal tersebut memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya.
5. Mikrokontroler ATmega 16: Alat yang digunakan untuk memasukkan inputan berupa permivitas bahan (ϵ_r) dan juga sebagai pendeteksi keluaran berupa kapasitansi.
6. Display: Digunakan untuk menampilkan data dari percobaan berupa kapasitansi dari masing-masing sampel.
7. Diulangi percobaan seperti itu dengan sampel-sampel berikutnya.

3.6 Tahap Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dari percobaan ini :

1. Pembuatan alat yang akan digunakan dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Percobaan alat ukur ketebalan lapisan tipis dengan menggunakan beberapa sampel diantaranya: kertas HVS 60gr, kertas HVS 70gr, kertas minyak, kertas manila, art karton, doff karton, sublime paper, double-side paper, fiber paper, laster foto paper, canvas paper, inkjet paper, metallic paper, kertas cover kertas kardus.

3. Dalam percobaan ini yang dicari adalah hasil frekuensi dari masing-masing bahan tersebut yang nantinya untuk mengetahui kapasitansi dari beberapa sampel.

3.7 Teknik Pengambilan Data

Data yang akan diperoleh dari penelitian ini, yaitu dengan cara melihat hasil kapasitansi dari masing-masing sampel percobaan. Data hasil kapasitansi ditampilkan pada *display* yang sudah diconvert menjadi data digital oleh mikrokontroler.

Tabel 3.1 Hubungan Jarak dan Frekuensi

Jarak (mm)	Frekuensi (Hz)
0,001	
0,002	
0,003	
0,004	
0,005	
0,006	
0,007	
0,008	
0,009	
0,01	

Tabel 3.2 Perbandingan Hasil penelitian dengan Mikrometer

Bahan	$D = a(f) + c$	Mikrometer



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Desain Alat ukur ketebalan lapisan tipis

Desain alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem kapasitif yang terdiri dari 2 buah kapasitor plat sejajar yang berfungsi sebagai pengganti kapasitor untuk hubungan pengukuran menggunakan prinsip kapasitif. Dalam hal ini 2 kapasitor plat sejajar juga berfungsi sebagai tempat untuk bahan yang akan diukur. Kapasitor pelat sejajar yang dihubungkan dengan sumber arus searah yang memberikan beda potensial V_0 , di antara kedua pelat itu vakum dan ketika muatan yang tersimpan dalam plat itu maksimum, saat itu pula arus searahnya dilepas. Berikutnya kapasitor tersebut di isolasi agar muatan yang tersimpan dalam plat tidak hilang. Jika di antara pelat tersebut diganti dengan isolator, maka beda potensial pada kedua pelat tersebut berubah menjadi V yang nilainya lebih kecil dari V_0 (Jati & Priyambodo, 2010). Pada penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah mengukur dengan menggunakan rangkaian isolator yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jarak dan frekuensi, yang nantinya akan didapatkan nilai kapasitansi dari hubungan tersebut. Setelah dilakukan pengambilan data hubungan jarak dan frekuensi selanjutnya dilakukan percobaan dengan menggunakan beberapa sampel dengan metode yang sama seperti pada percobaan awal.

Rangkaian isolator adalah suatu rangkaian yang menghasilkan keluaran yang amplitudonya berubah-ubah secara periodik dengan waktu keluarannya bisa berupa gelombang sinusoida, gelombang persegi, gelombang pulsa, gelombang

segitiga atau gelombang gergaji. Osilator bisa dibangun dengan menggunakan beberapa teknik dasar, yaitu: menggunakan komponen-komponen yang memperlihatkan karakteristik resistansi negatif, dan lazimnya menggunakan diode terobosan, yang kedua osilator menggunakan umpan balik positif menguatkan desah internal yang terdapat pada penguat jika keluaran penguat sefase dengan masukannya, osilasi akan terjadi. Pada penelitian ini rangkaian osilator yang dipakai terdiri dari 1 buah IC555, 2 buah resistor, dan beberapa bahan pendukung seperti pcb, kabel konektor, dan power supply.



Gambar 4.1 Rangkaian Osilator

Untuk pengoprasian rangkaian osilator tersebut pertama diatur tegangan dari power supply 12 volt, setelah itu bahan dijepitkan pada 2 buah kapasitor plat sejajar, selanjutnya rangkaian osilator tersebut membaca jarak dari bahan yang membentuk output berupa frekuensi.

4.2 Reaksi dari rangkaian osilator

Osilator adalah suatu rangkain elektronika yang dapat membangkitkan getaran listrik dengan frekuensi tertentu dan amplitudonya tetap. Dasar dari

sebuah osilator yaitu rangkaian penguat dengan sistem feedback, yaitu sebagian sinyal keluaran yang dikembalikan lagi ke masukan dengan fase dan tegangan yang sama sehingga terjadi osilasi yang terus menerus. Adapun beberapa bagian yang menjadi syarat untuk sebuah osilator supaya terjadi osilasi yaitu adanya rangkaian penguat, rangkaian feedback, dan rangkaian sirkuit.

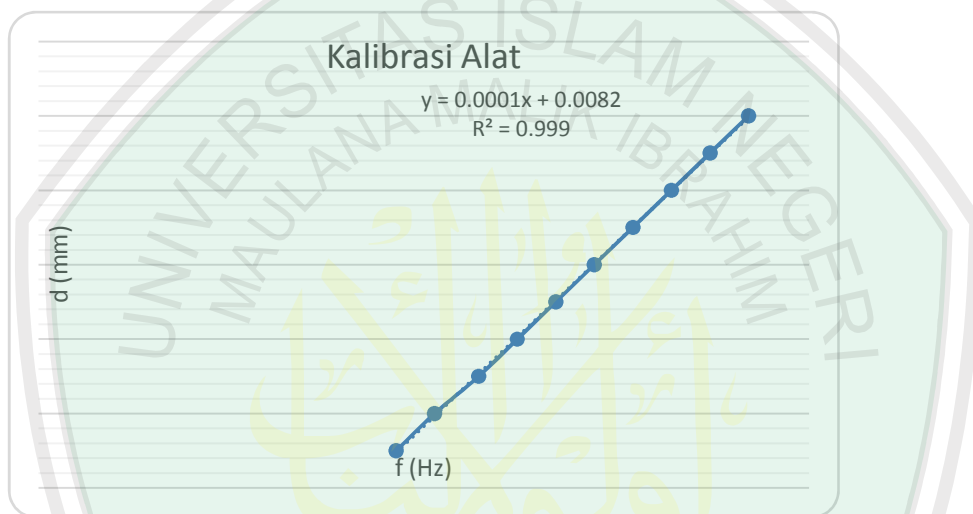
Rangkaian feedback yaitu suatu rangkaian umpan balik yang sebagian sinyal keluarannya dikembalikan lagi ke masukan, hal ini salah satu sistem supaya terjadinya tegangan dan fase yang sama antara input dan output, juga menjadi salah satu syarat penting terjadinya osilasi pada sebuah rangkaian osilator. Pada umumnya rangkaian feedback menggunakan komponen R dan C (Malvino, 1993). Tank sirkuit yaitu rangkaian yang menentukan frekuensi kerja dari osilator frekuensi pembawa (carrier) yang digunakan komponen L dan C karena semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin kecil harga komponen yang digunakan lain halnya menggunakan R dan C karena frekuensi yang dihasilkan tidak akan bisa mencapai harga resistor. Tinggi rendahnya frekuensi bisa ditentukan pada komponen L dan C pada tank circuit dan besarnya frekuensi (Floyd, 1993).

4.3 Hasil pengukuran

Tabel 4.1 hubungan jarak dengan frekuensi

Jarak (d)	Frekuensi (Hz)
0,001	65
0,002	72
0,003	80
0,004	87

0,005	94
0,006	101
0,007	108
0,008	115
0,009	122
0,01	129



Gambar 4.2 Grafik hubungan jarak dengan frekuensi

Setelah melihat hasil dari tabel bisa dilihat hubungan antara jarak dan frekuensi. Untuk jarak (nm) 0,001 frekuensi yang dihasilkan 65 Hz, untuk jarak 0,002 frekuensi yang dihasilkan 72 Hz, untuk jarak 0,003 frekuensi yang dihasilkan 80 Hz, untuk jarak 0,004 frekuensi yang dihasilkan 87 Hz, untuk jarak 0,005 frekuensi yang dihasilkan 94 Hz, untuk jarak 0,006 frekuensi yang dihasilkan 101 Hz, untuk jarak 0,007 frekuensi yang dihasilkan 108 Hz, untuk jarak 0,008 frekuensi yang dihasilkan 115 Hz, untuk jarak 0,009 frekuensi yang dihasilkan 122 Hz, dan untuk jarak 0,01 frekuensi yang dihasilkan 129 Hz. Dilihat dari hasil data yang dihasilkan bisa disimpulkan bahwa semakin lebar jarak antar keping plat maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin besar. Dari grafik

hubungan jarak dengan frekuensi menghasilkan sebuah rumus $y = mx+c$, disitu menunjukan $y = 0,0001x + 0,0082$, dimana y adalah jarak/ketebalan (d), m adalah gradien (a), x adalah frekuensi (f), dan c adalah konstanta. Rumus $d=af+c$ ini yang nantinya dimasukkan ke dalam koding mikrokontroler untuk membaca dan mengkonversi data keluaran berupa ketebalan (d).

4.2 Tabel perbandingan hasil penelitian dan pengukuran mikrometer

Bahan	D=a(f)+c	Mikrometer (mm)
Kertas HVS 60 gr	0,393	0,391
Kertas HVS 70 gr	0,433	0,432
Kertas minyak	0,513	0,511
Kertas manila	0,744	0,743
Art karton	0,833	0,832
Doff paper	0,844	0,843
Sublime paper	0,654	0,653
Double-side paper	0,853	0,851
Fiber matte	0,883	0,882
Laster foto paper	0,775	0,774
Canvas paper	0,633	0,632
Inkjet paper	0,863	0,861
Metallic paper	0,293	0,291
Kertas cover	0,796	0,795
Kertas kardus	1,373	1,371

Dilihat dari hasil perbandingan antara hasil penelitian dengan hasil pengukuran mikrometer, hasil yang ditunjukkan tidaklah berbeda jauh. Dimana pada bahan kertas HVS 60 gr hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,393 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,391 mm, untuk kertas HVS 70 gr hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,433 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,432 mm, untuk kertas minyak hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,513 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,511 mm, untuk kertas manila hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,744 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,743 mm, untuk karton hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,833 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,832 mm, untuk doff paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,844 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,843 mm, untuk sublim paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,654 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,653 mm, untuk double-side paper hasil yang ditunjukkan 0,853 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,851 mm, untuk fiber matte hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,883 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,882 mm, untuk laser photo paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,775 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,774 mm, untuk canvas paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,633 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,632 mm, untuk inkjet paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,863 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,861 mm, untuk metallic paper hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,293 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,291 mm, untuk kertas cover hasil yang ditunjukkan pada penelitian 0,796 mm sedangkan pengukuran mikrometer 0,795 mm, dan untuk kertas kardus hasil yang ditunjukkan pada penelitian 1,373 mm sedangkan pengukuran

mikrometer 1,371 mm. hasil-hasil tersebut menunjukkan hasil dari penelitian dengan konsep teori sesuai, dimana ketika ada 2 plat sejajar digeser maka jarak antar kepingnya berubah, semakin digeser platnya kapasitansi menjadi semakin kecil dan jarak antar kedua platnya akan menjadi semakin besar.

Tabel 4.3 Perhitungan manual dan error

Bahan	D=a(f)+c	Error (mm)
Kertas HVS 60 gr	0,393	0,002
Kertas HVS 70 gr	0,433	0,001
Kertas minyak	0,513	0,002
Kertas manila	0,744	0,001
Art karton	0,833	0,001
Doff paper	0,844	0,001
Sublime paper	0,654	0,001
Double-side paper	0,853	0,002
Fiber matte	0,883	0,001
Laster foto paper	0,775	0,001
Canvas paper	0,633	0,001
Inkjet paper	0,863	0,002
Metallic paper	0,293	0,002
Kertas cover	0,796	0,001
Kertas kardus	1,373	0,002

Dari hasil perhitungan manual bisa dilihat bahwasanya error dari penelitian ini masih berkisar hanya 0,001-0,002 mm. dalam hal ini error yang

terjadi bisa dikaitkan dengan proses pengkodean masih kurang sempurna, bisa juga masalah pengkonversian data pada ADC ke mikrokontroler.

4.4 Integrasi dengan Al-Qur'an

Al-Qur'an merupakan kitab Allah yang berisi petunjuk dan pedoman yang lengkap untuk memimpin seluruh segi kehidupan manusia ke arah kebahagiaan yang hakiki dan abadi. Al-Qur'an merupakan sumber segala ilmu, menguraikan berbagai persoalan hidup dan kehidupan, mengandung ayat-ayat yang dapat dijadikan pedoman (meskipun secara garis besar) dalam pengembangan ilmu pengetahuan (sains) dan teknologi.

Dalam hal ini diperoleh hasil dari suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan tipis atau bahan lain tanpa menggunakan alat pengukur seperti micrometer, sehingga hal ini memudahkan dalam mengkaji objek penelitian. Seperti yang dijelaskan oleh al-Qur'an bahwa islam mengajarkan kemudahan kepada umatnya. Penjelasan integrasi penelitian dijelaskan pada surat al-mukminun ayat: 102-104)

فَمَنْ ثَقُلَتْ مَوَازِينُهُ فَأُولَئِكَ هُمُ الْمُفْلِحُونَ ﴿١٠٢﴾ وَمَنْ خَفَّتْ مَوَازِينُهُ فَأُولَئِكَ الَّذِينَ خَسِرُوا أَنفُسَهُمْ فِي جَهَنَّمَ خَالِدُونَ ﴿١٠٣﴾ تَلْفَحُ وُجُوهَهُمُ النَّارُ وَهُمْ فِيهَا كَالِحُونَ ﴿١٠٤﴾

“Barangsiapa yang berat timbangan (kebaikan)nya, Maka mereka Itulah orang-orang yang dapat keberuntungan. dan Barangsiapa yang ringan timbangannya, Maka mereka Itulah orang-orang yang merugikan dirinya sendiri, mereka kekal di dalam neraka Jahannam. muka mereka dibakar api neraka, dan mereka di dalam neraka itu dalam Keadaan cacat(QS. Al-mukminun/23:102-104).

Maksudnya: orang-orang mukmin yang beramal saleh. orang-orang kafir, karena kepercayaan dan amal mereka tidak dihargai oleh Allah di hari kiamat itu.

Kajian dalam penelitian ini berhubungan dengan firman Allah dalam surat al-Qamar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*” (QS. Al-Qamar/54: 49).

Dan juga ditunjukkan pada surat Al Furgan ayat 2:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمَلِكِ
وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

“*yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya*” (QS al-furqan/25: 2).

Maksudnya: segala sesuatu yang dijadikan Tuhan diberi-Nya perlengkapan-perengkapan dan persiapan-persiapan, sesuai dengan naluri, sifat-sifat dan fungsinya masing-masing dalam hidup.

Yakni dia telah menentukan ukuran masing-masing makhluk-Nya dan memberi petunjuk kepada semua makhluk-Nya. Karena itulah maka para imam dari kalangan ahlu sunnah menyimpulkan dalil dari ayat ini yang membuktikan kebenaran dari takdir Allah yang terdahulu terhadap makhluk-Nya. Yaitu pengetahuan Allah Swt. Akan segala sesuatu sebelum kejadiannya dan ketetapan takdir-Nya terhadap mereka sebelum mereka diciptakan oleh-Nya. Dan dengan ayat ini serta ayat-ayat lainnya semakna, juga hadist-hadist yang sahih, kalangan ahlu sunnah membantah pendapat golongan qodariyah, yaitu suatu golongan yang muncul di penghujung masa para sahabat. Kami telah membicarakan hal ini

dengan rinci berikut hadist yang berkaitan dengannya di dalam syarah kitabul imam, bagian dari syarah Imam Bukhari. Berikut ini kami akan mengetengahkan sebagian hadist-hadist yang berkaitan dengan ayat yang mulia ini.

Imam ahmad mengatakan, telah menceritakan kepada kami Waki', telah menceritakan kepada kami sufyan As-sauri, dari ziad ibnu ismail As-Sahmi, dari Muhammad Ibnu Abbad ibnu Ja'far, dari Abu Hurairah yang mengatakan bahwa orang-orang musyrik Quraisy datang kepada Nabi Saw. Dengan tujuan berdebat dengannya dalam masalah takdir, maka turunlah ayat: (ingatlah) pada hari mereka diseret ke neraka pada wajahnya. (Dikatakan kepada mereka), "Rasakanlah sentuhan api neraka". Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran. (Al-Qamar: 48-49).

Hal yang sama telah diriwayatkan oleh Imam Muslim dan Imam Turmuzi serta Ibnu Majah melalui hadist Waki' dari sufyan As-Sauri dengan sanad yang sama.

Al-Bazzar mengatakan telah menceritakan kepada kami Amr ibnu Ali, telah menceritakan kepada kami Ad-Dahhak ibnu Makhlad, telah menceritakan kepada kami Yunus ibnu Haris, dari amir ibnu syuaib, dari ayahnya, dari kakeknya yang mengatakan bahwa ayat-ayat berikut tidak lain diturunkan berkaitan dengan ahli qadar, yaitu firman Allah Swt. : sesungguhnya orang-orang yang berdosa berada dalam kesesatan (di dunia) dan dalam neraka. (ingatlah) pada hari mereka diseret ke neraka pada wajahnya. (Dikatakan pada mereka)," sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran. (Al-Qamar : 47-49)

Ibnu abu hatim mengatakan, telah menceritakan kepada kami ayahku, telah menceritakan kepada kami Sahl ibnu saleh Al-intaki, telah menceritakan kepadaku Qurrah ibnu Habib, dari kinanah, telah menceritakan kepadaku Jarir ibnu Hasim, dari Said ibnu Amr ibnu Ja'dah, dari ibnu Zurarah, dari ayahnya, dari Nabi Saw., bahwa beliau membaca firman-Nya: (Dikatakan kepada mereka), "Rasakanlah sentuhan api neraka." Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukurannya. (Al-Qamar : 48-49).

Ayat ini diturunkan berkenaan dengan sebagian dari umatku yang kelak di akhir zaman, mereka mendustakan takdir Allah.

Telah menceritakan pula kepada kami Al-Hasan ibnu Arafah, telah menceritakan kepada kami Marwan ibnu Syuja' Al-Jazari, dari Abdul Malik ibnu Juraij, dari Ata ibnu Abu Rabah yang mengatakan bahwa ia datang kepada Ibnu Abbas yang saat itu sedang menimba air dari sumur zamzam, sedangkan bagian bawah kainnya kebasahan. Lalu aku berkata kepadanya, bahwa sebagian orang ada yang membicarakan masalah takdir. Maka Ibnu Abbas berkata, "Benarkah mereka telah membicarakannya?" Aku menjawab, "Ya." Maka dia berkata, "Demi Allah, tiadalah ayat berikut diturunkan melainkan berkenaan dengan mereka," yaitu firman-Nya: Rasakanlah sentuhan api neraka.

Ilmu pengetahuan (sains) merupakan ilmu pengetahuan kealaman yaitu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam dengan segala isinya. Sedangkan teknologi adalah ilmu tentang penerapan ilmu pengetahuan alam untuk memenuhi suatu tujuan dan juga bersifat selalu mengiringi dan mengimbangi terhadap ilmu pengetahuan. Islam menghargai ilmu pengetahuan sebagaimana dalam wahyu pertama yang diturunkan kepada Nabi Muhammad

Saw tersebut di atas. Seorang muslim yang memperlajari ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dijadikan sebagai suatu ibadah kepada Allah dalam rangka mempertebal keimanan dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Teknologi dalam Islam bukan tujuan, tetapi sebagai alat yang digunakan untuk meneropong terhadap ayat-ayat Allah. Semakin maju teknologi, semakin banyak informasi yang diperoleh. Penemuan-penemuan baru akan semakin membantu kepada orang Islam untuk lebih mudah mengagungkan Allah sehingga baginya benar-benar bahwa Allah itu Maha Besar dan sebaliknya manusia merupakan makhluk yang amat kecil. Dengan demikian, diharapkan akan semakin memperbesar peran manusia sebagai khalifah Allah di permukaan bumi yakni memakmurkan bumi dan mengusahakan kesejahteraan bagi segenap penghuni bumi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rancang bangun alat ini sudah berjalan dengan lancar, dimana hasil yang ditunjukkan pada penelitian berbanding lurus dengan konsep teori.
2. Ketepatan pada penelitian ini masih belum sempurna dikarenakan masih terjadi error sekitar 0,001-0,002 mm.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi resistor, variasi jarak yang lebih banyak untuk proses pengkodean yang lebih mudah sehingga diharapkan dapat meningkatkan ke akuratan alat. Bisa juga menggunakan metode lain dari penelitian alat ukur ketebalan lapisan tipis yang simple dan mudah digunakan generasi penerus.

DAFTAR PUSTAKA

- Fuchs, Anton. 2005. "Using Capacitive Sensing To Determine The Moisture Content Of Wood Pellets – Investigations And Application". International Journal Vol2, No2 June 200.
- Douglas C, Giancoli. 1999. *Fisika* edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Fisika, D. (2010). *Fisika II*. Surabaya: ITSpress.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1996). *Physics Third Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc. Jakarta: Erlangga.
- Hugh D, Young. 2003. *Fisika Universitas*. Jakarta :Erlangga.
- Jati, Priyambodo. 2010. "Fisika Dasar". Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Larry K. Baxter. 2000. "Capacitive Sensors". Jakarta: IEEE Press.
- Permadani, Dida. 2013. Skripsi : *Sistem Monitoring Suhu Incubator Dan Berat Badan Pada Bayi Berat Lahir Rendah (BLBR) Didalam Incubator Berbasis Personal Computer (PC)*. 11-12 : Malang.
- Schaum's. 2004. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Schaum's . 2004. *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Tipler, P. A. (1991). *Physics for Scientists and Engineers, Third Edition*. New Jersey: Worth Publisher.

William H, Hayt & John A, Buck. 2006. *Elektromagnetika* edisi ketujuh. Jakarta : Erlangga.



LAMPIRAN

Perhitungan [d=a(f)+c]

1. Kertas HVS 60 gr
 $0,0001(3850)+0,0082=0,393$
2. Kertas HVS 70 gr
 $0,0001(4257)+0,0082=0,433$
3. Kertas minyak
 $0,0001(5050)+0,0082=0,513$
4. Kertas Manila
 $0,0001(7365)+0,0082=0,744$
5. Art karton
 $0,0001(8257)+0,0082=0,833$
6. Doff paper
 $0,0001(8350)+0,0082=0,844$
7. Sublime paper
 $0,0001(6465)+0,0082=0,654$
8. Double-side paper
 $0,0001(8450)+0,0082=0,853$
9. Fiber matte
 $0,0001(8757)+0,0082=0,883$
10. Laster foto paper
 $0,0001(7672)+0,0082=0,775$
11. Canvas paper
 $0,0001(6257)+0,0082=0,633$

12. Inkjet paper

$$0,0001(8550)+0,0082=0,863$$

13. Metallic paper

$$0,0001(2850)+0,0082=0,293$$

14. Kertas kardus

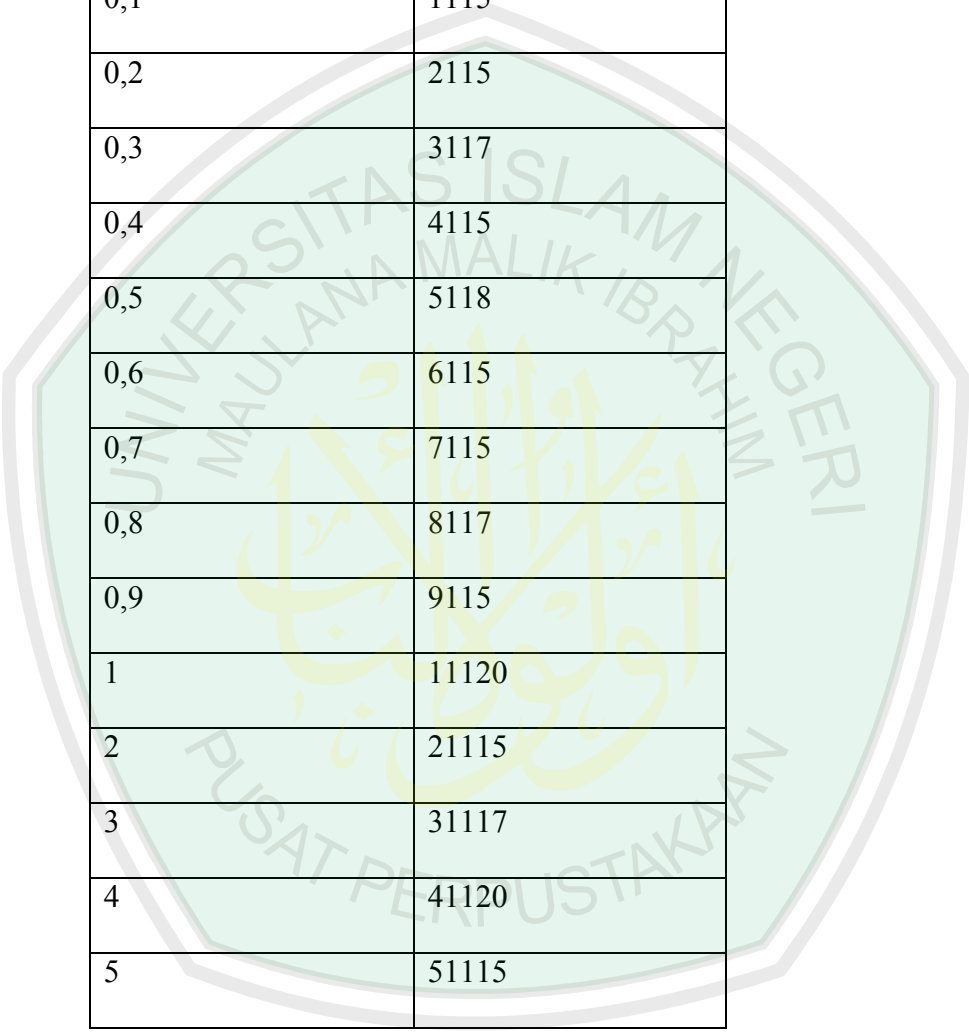
$$0,0001(7879)+0,0082=0,796$$

15. Kertas kardus

$$0,0001(13567)+0,0082=1,373$$

Tabel hubungan jarak dengan frekuensi

Jarak (mm)	Frekuensi (Hz)
0,001	65
0,002	72
0,003	80
0,004	87
0,005	94
0,006	101
0,007	108
0,008	115
0,009	122
0,01	129
0,02	213
0,03	315
0,04	417
0,05	515



0,06	618
0,07	715
0,08	815
0,09	920
0,1	1115
0,2	2115
0,3	3117
0,4	4115
0,5	5118
0,6	6115
0,7	7115
0,8	8117
0,9	9115
1	11120
2	21115
3	31117
4	41120
5	51115