PENENTUAN PARAMETER SENSOR PELAT SEBIDANG SECARA EKSPERIMENTAL UNTUK MENGUKUR KAPASITANSI BAHAN KAYU DAN LOGAM

PARAMETER DETERMINATION OF FIELD PLATE SENSOR TO MEASURE CAPACITANCE OF WOOD AND METAL EXPERIMENTALLY

Anggraeni Dwi S[1], Dudi Darmawan[2], Asep Suhendi[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]anggraiini_dwi2@gmail.com, [2]dudiddw@gmail.com, [3]as.suhendi@gmail.com

Abstrak

Sensor kapasitif merupakan salah satu metode untuk mengukur besaran listrik suatu objek berdasarkan perubahan nilai kapasitansi. Sensor kapasitif dirancang menggunakan pelat tembaga yang dipasang sebidang agar dapat mempermudah pengukuran sehingga ketika melakukan pengukuran ditempat lebih praktis cukup dengan meletakkan elektroda diatas objek. Untuk merancang sensor pelat sebidang dilakukan penentuan parameter sensor kapasitif pelat sebidang secara eksperimental untuk mendapatkan hasil yang optimal pada parameter sensor kapasitif pelat sebidang. Parameter pelat sebidang yang digunakan yaitu luas dan jarak antar elektroda. Sensor kapasitif yang dirancang akan diukur dengan LCR meter 9184. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan hasil yang optimal pada parameter sensor pelat sebidang berupa luas dan jarak elektroda yaitu 0.5 cm dan 100 cm^2 dengan nilai kapasitansi 7.7 pF. Pada pengujian sensor kapasitif pelat sebidang telah mampu mendeteksi ada atau tidaknya logam dan kayu di dalam suatu objek uji dan dapat membedakan variasi jenis objek uji hanya saja nilai kapasitansi yang didapatkan relatif kecil yaitu dengan besar pF.

Kata kunci : Sensor Kapasitif, Kapasitor Pelat Sebidang, LCR meter 9184

Abstract

Capacitive sensor is one of method to measure the electrical amount of an object based on conversion in capacitive value. The capacitive sensor is designed using a copper plate that is installed in plot so that it can facilitate measurement therefore when making measurements in place it is more practical to simply place the electrode on top of the object. To design a plot plate sensor, the determination of the plot capacitive sensor parameters. The plot plate parameters used are the are and distance between electrodes. The capacitive sensor designed will be measure to the LCR meter 9184. Based on the research that has been done the optimal results on the plate sensor parameters are in the form of the width and distance of the electrodes is 0.5 cm and 100 cm^2. Based on testing the plot plate capacitive sensor has been able to detect the presence or absence of metal and wood in a test object in a test object and can discriminate variations types of objects, hence capacitance value is relatively small.

Keywords: capacitance sensor, plate-field capacitive sensor, LCR meter 9184.

1. Pendahuluan

Pada pengukuran besaran listrik suatu objek, telah digunakan metode perkiraan C.J Blattner [1]. Prinsip kerja metode C.J Blattner ini yaitu menggunakan elektroda sebagai sensor kapasitif dimana sifat kelistrikan suatu objek dapat ditentukan berdasarkan perubahan nilai kapasitansi yang terukur. Namun pengujian langsung pada metode tersebut sulit dilakukan, karena elektroda yang digunakan harus diambil sampelnya terlebih dahulu kemudian sampel diletakkan diantara pelat konduktor untuk diukur kapasitansinya. Adakalanya objek yang akan diukur kapasitansinya tidak dapat diambil sampelnya terlebih dahulu, misal akan mengukur kapasitansi pada dinding untuk dilihat apakah terdapat kerangka baja didalamnya, sehingga dinding tersebut tidak dapat diambil sampelnya. Dengan dibentuknya modifikasi elektroda pelat sejajar menjadi pelat sebidang dapat mempermudah pengukuran sehingga ketika melakukan pengukuran ditempat lebih praktis cukup dengan meletakkan elektroda diatas objek [2]. Pada Elektroda Pelat Sebidang dapat menunjukkan sensitivitas relative yang lebih konstan baik dalam arah radial maupun aksial [3].

Hasil dari modifikasi elektroda pelat sebidang didapatkan nilai kapasitansi pada objek. Parameter pelat elektroda yang digunakan meliputi luas elektroda *transmitter* dan *receiver* serta jarak antar elektroda *transmitter* dan elektroda *receiver* [4]. Sebelum modifikasi elektroda pelat sebidang diimplementasikan ke dalam bentuk ril nya, di lakukan pengujian kelayakan sensor menggunakan simulasi perangkat lunak COMSOL Multiphysics®. Pada penelitian tersebut, pemilihan nilai parameter yang akan diimplementasikan pada sensor disesuaikan dengan kapasitor referensi pada rangkaian elektrik *cv-converter* yang telah dikalibrasi. Namun nilai hasil kapasitansi yang didapatkan kecil yaitu femto Farad, hasil dari nilai kapasitansi tersebut dapat mempengaruhi kemampuan alat ukur

yang digunakan, salah satunya sensitivitas. Sensitivitas merupakan salah satu kemampuan alat ukur untuk melakukan pengukuran.

Berdasarkan pengujian kelayakan sensor pelat sebidang menggunakan simulasi COMSOL Multiphysics® oleh Youlanda avisha, penulis akan melakukan penentuan parameter sensor kapasitif pelat sebidang secara eksperimental. Parameter yang ditentukan adalah luas elektroda *transmitter* dan *receiver*, serta jarak antar elektroda *transmitter* dan elektroda *receiver*. Faktor yang perlu diperhatikan dalam sensor kapasitif ini adalah bagaimana mendapatkan nilai pengukuran berdasarkan perubahan nilai kapasitansinya. Harapannya dari penelitian ini adalah didapatkannya parameter sensor kapasitif pelat sebidang sehingga bisakah pengukuran kapasitansi ini dapat diimplementasikan pada bahan logam dan kayu berdasarkan nilai kapasitansinya.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Rancangan Sensor

Sensor kapasitif adalah sensor yang bekerja yang didasari oleh prinsip kerja kapasitor [6]. Prinsip kerja rancangan kapasitansi meter ini berdasarkan komponen kapasitor yang digunakan sebagai diferensiator, dimana sinyal keluaran yang sudah didiferensiasikan sebanding dengan sinyal masukan. Menurut teori diferensiator level tegangan ini sebanding dengan kapasitansi dari kapasitor pendeferensial. Setelah itu keluaran sinyal ini diubah kesinyal digital dengan sebuah analog ke digital konverter [7].

Perancangan dan pengimplementasian sebuah alat ukur kapasitansi secara digital (digital kapastansi meter) berbasis mikrokontroler. Dengan memanfaatkan sifat mikrokontroler yang fleksibel dan dapat diprogram ulang (*reprogrammable*), akan didapatkan sebuah alat ukur kapasitansi (kapasitansi meter) yang akurat, simpel dan bermutu baik [8].

Gambar 1. Sensor Kapasitif

2.2 Sensor Pelat Sebidang

Simulasi merupakan tahapan pengujian dari variasi parameter sensor untuk mendapatkan nilai kapasitansi dari objek berdasarkan simulasi. Simulasi perangkat lunak yang digunakan adalah COMSOL Multiphysics®. COMSOL Multiphysics® merupakan simulasi perangkat lunak yang menggunakan beberapa parameter analisis untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam teknik, fisika, dan kimia [2]. Parameter analisis yang digunakan adalah :

a. Desain Sensor

Desain sensor dibuat tiga dimensi dengan bantuan perangkat lunak COMSOL Multiphysics®. Pembuatan sensor dimulai dengan pembuatan geometri persegi Panjang untuk ground yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran kedua elektroda yang terpisah. Kemudian meletakkan objek tambahan geometri persegi panjang seukuran ground dan dilakukan *extrude* ke bidang 3 dimensi. Sehingga didapatkan desain sensor pada simulasi.

b. Parameter Fisis

Parameter Fisis menjelaskan parameter elektrostatik pada bahan / material yang digunakan. Dengan pemberian tegangan pada elektroda *transmitter* dan tegangan akan diterima oleh *receiver* sehingga akan menghasilkan beda potensial diantara dua elektroda.

c. Parameter Material

Parameter material menjelaskan material yang digunakan pada sensor, parameter ini bertujuan untuk mengetahui sifat elektrostatik dari rancangan sensor ketika diberi medan listrik, karena setiap material / bahan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Parameter yang digunakan berjenis tembaga sebagai elektroda dan akrilik sebagai peletakan sensor.

d. Studi

Studi ini bertujuan mengatur sistem penyelesaian simulasi sesuai dengan teorema fisika. Keluaran dari sensor pada perangkat lunak COMSOL Multiphysics® yaitu *admittance*, dimana untuk mendapatkan nilai kapasitansinya perlu dikonversikan terlebih dahulu. Setelah didapatkan nilai kapasitansinya selanjutnya dilakukan analisis, jika nilai kapasitansi yang terukur cukup fisibel maka parameter yang digunakan diimplementasikan ke dalam perangkat keras

sensor, jika tidak nilai parameter panjang, lebar dan jarak elektroda diubah pada geometri sensor dan tahapan simulasi diulang sampai hasilnya dianggap fisibel.

Tabel 1. Nilai parameter yang didapatkan pada simulasi COMSOL Multiphysics® oleh Youlanda Avisha

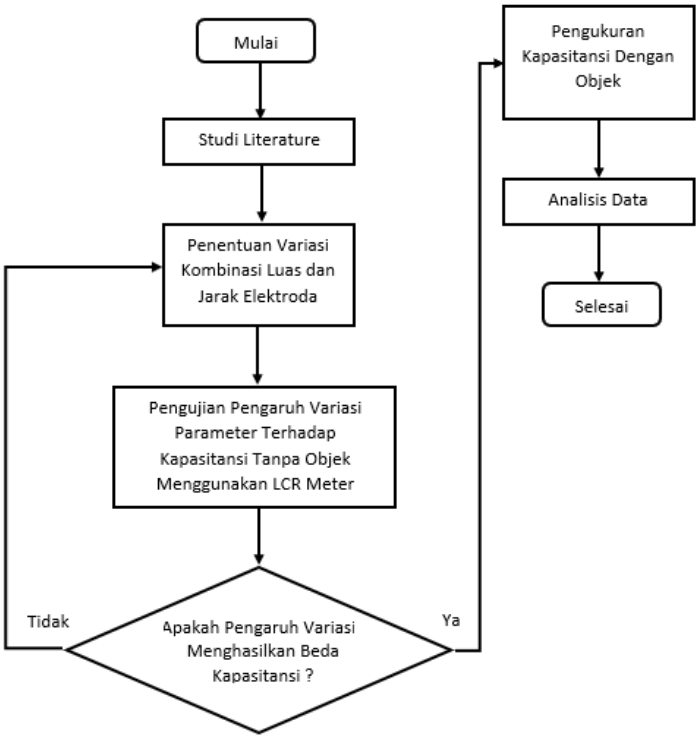
Luas (cm^2)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jarak Elektroda (cm)	Rentang Kapasitansi (fF)	
				Minimum	Maksimum
64	8	8	2	29.1	48
64	8	8	2	2.35	4.56
64	8	8	2	0.19	0.44
64	8	8	2	0.0154	0.0415
64	8	8	2	0.00127	0.00401
4	2	2	2	5.36	8.55
16	4	4	2	13.20	21.60
36	6	6	2	21.20	34.80
64	8	8	2	29.10	47.90
100	10	10	2	37.10	61.20

2.3 LCR meter

LCR meter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur Resistansi (R), Kapasitansi (C) dan induktansi (L) dari suatu komponen. Prinsip kerja dari LCR meter ini yaitu menggunakan pengukuran impendansi. Kemudian impedansi akan diukur secara internal dan dikonversikan ke layar penampil pengukuran yang dikonversikan ke kapasitansi atau nilai induktansi yang sesuai. Pada pengukuran kapasitansi (C) atau muatan listrik pengukuran akan menghitung jumlah muatan yang disimpan pada suatu titik tertentu, yang biasa dikenal potensial listrik dan biasanya diukur dalam volt yang menunjukkan muatan listrik statis [9].

2.4 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian parameter sensor kapasitansi kapasitif berdasarkan perubahan nilai kapasitansinya. Pengujian dilakukan dengan membuat sampel uji dengan beberapa variasi luas dan jarak antar elektroda. Kemudian pengujian variasi parameter dilakukan tanpa sampel objek dengan menggunakan LCR meter. Setelah didapatkan hasil yang optimal, selanjutnya sensor kapasitif dilakukan pengujian menggunakan beberapa sampel objek uji untuk mengetahui apakah sensor kapasitif pelat sebidang sudah dapat mengukur kapasitansi sampel objek uji.

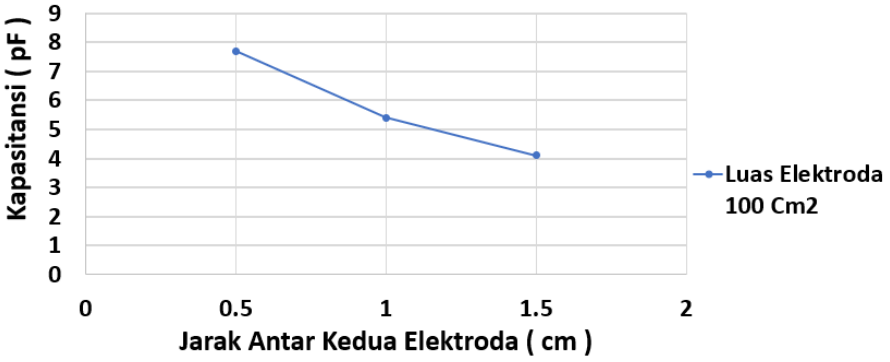


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Pembahasan

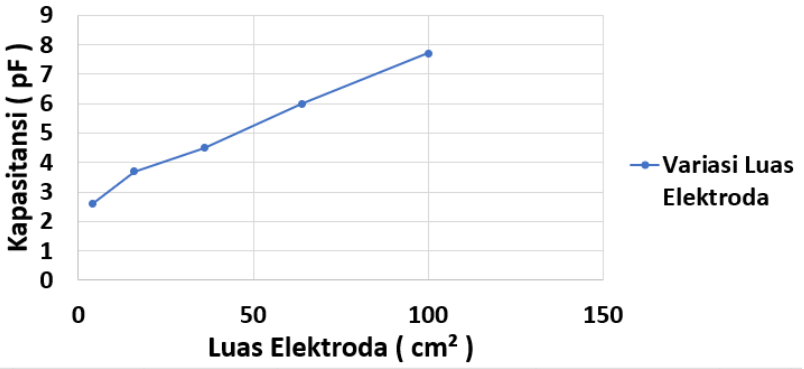
1.1 Eksperimental Pada Pengujian Parameter Sensor

Nilai kapasitansi yang dihasilkan berdasarkan pengujian variasi jarak antar kedua elektroda ditunjukkan pada Gambar 3. mengukur perubahan nilai kapasitansi dari pengujian variasi jarak antar kedua elektroda dengan luas tiap elektrodanya 100 cm^2 untuk mencari ukuran yang optimal. Hasil nilai kapasitansi untuk jarak antar kedua elektroda 0.5 cm sebesar 7.7 pF, jarak atar kedua elektroda 1 cm sebesar 5.4 pF, jarak antar kedua elektroda 1.5 cm sebesar 4.1 pF. Dimana terjadi perubahan nilai kapasitansi setiap pertambahan jarak antar kedua elektroda semakin besar jarak antar kedua elektroda, maka semakin kecil nlai kapasitansi yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik Variasi Jarak Antar Kedua Elektroda

Nilai kapasitansi yang dihasilkan berdasarkan pengujian variasi luas elektroda ditunjukkan pada Gambar 4. nilai kapasitansi dari pengujian variasi luas elektroda dengan jarak antar kedua elektroda 0.5 cm untuk mencari ukuran yang optimal. Hasil nilai kapasitansi untuk luas elektroda 4 cm^2 sebesar 2.6 pF, luas elektroda 16 cm^2 sebesar 3.7 pF, luas elektroda 36 cm^2 sebesar 4,5 pF, luas elektroda 64 cm^2 sebesar 6,0 pF, luas elektroda 100 cm^2 sebesar 7,7 pF. Dimana terjadi perubahan nilai kapasitansi setiap pertambahan luas kedua elektroda. Semakin besar luas kedua elektroda, maka semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan.

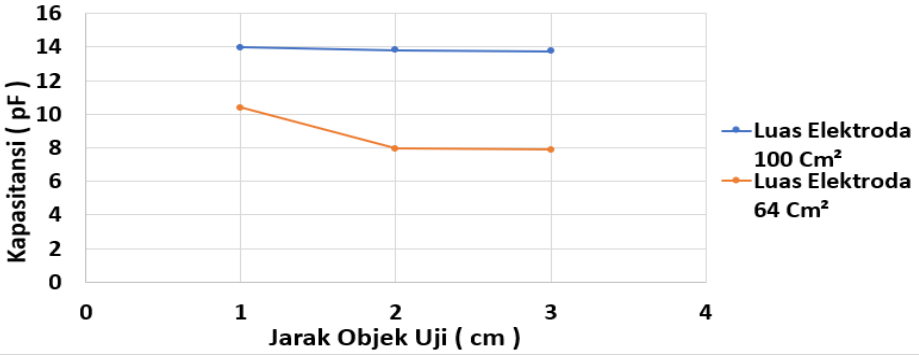


Gambar 4. Grafik Variasi Luas Elektroda

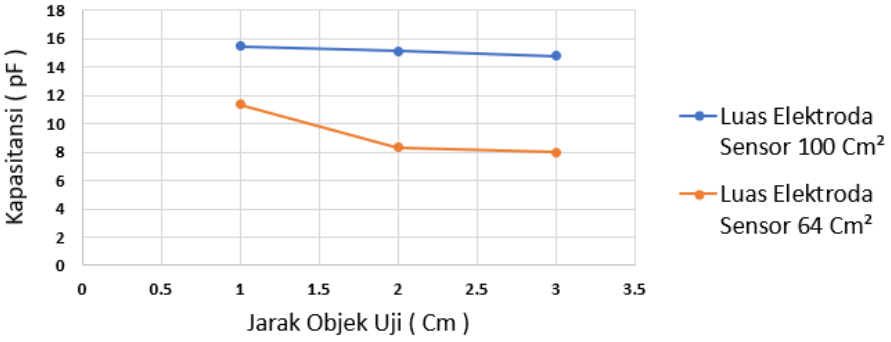
1.2 Eksperimental Pada Pengujian Sensor Kapasitif Terhadap Nilai Kapasitansi

1. Pengujian Sensor Kapasitif Terhadap Objek Besi

Berdasarkan Gambar 5. (a) pada grafik pengujian objek besi dan tanpa objek pada luas elektroda 100 cm^2 dengan beberapa variasi jarak objek besi dengan elektroda sensor mengalami perubahan nilai kapasitansi. Dimana untuk jarak objek besi dengan elektroda 1 cm memiliki nilai kapasitansi paling besar sedangkan nilai kapasitansi pada jarak 2 cm dan 3 cm tidak jauh berbeda yang artinya sensor kapasitif dapat membaca adanya objek besi pada jarak 1 cm. Dari Gambar 5. (b) terlihat peningkatan nilai kapasitansi pada luas elektroda 64 cm^2 dan 100 cm^2. Dimana luas elektroda 100 cm^2 memiliki nilai kapasitansi lebih besar dari luas elektroda sensor 64 cm^2.



(a)

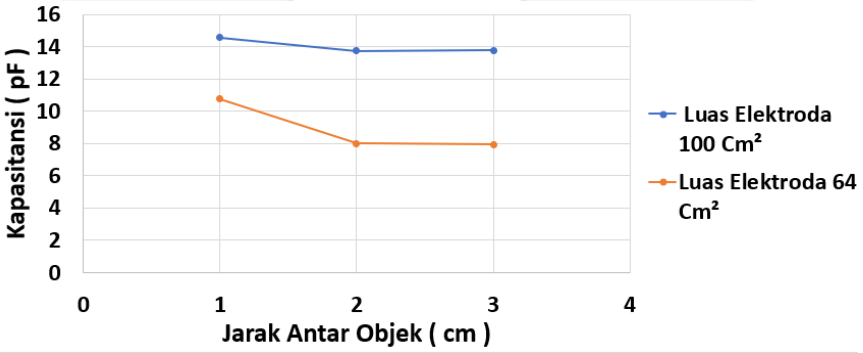


(b)

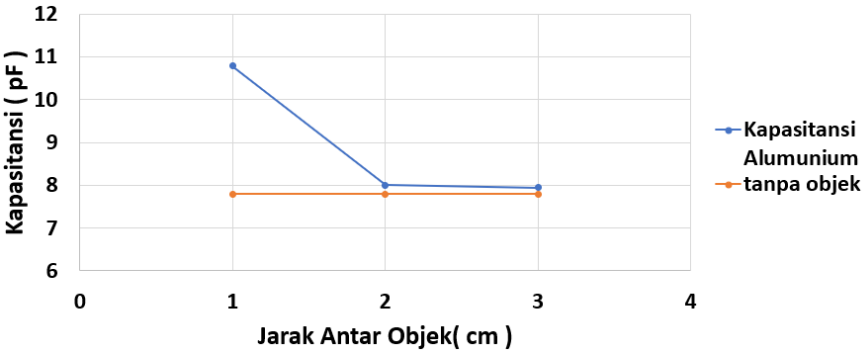
Gambar 5. Pengujian Dengan Variasi (a) luas elektroda (b) objek

2. Pengujian Sensor Kapasitif Terhadap Objek Alumunium

Berdasarkan Gambar 6. (a) pada grafik pengujian objek alumunium dan tanpa objek pada luas elektroda 100 cm^2 dengan beberapa variasi jarak objek alumunium dengan elektroda sensor mengalami perubahan nilai kapasitansi. Dimana untuk jarak objek alumunium dengan elektroda 1 cm memiliki nilai kapasitansi paling besar sedangkan nilai kapasitansi pada jarak 2 cm dan 3 cm tidak jauh berbeda yang artinya sensor kapasitif dapat membaca adanya objek alumunium pada jarak 1 cm. Dari Gambar 6. (b) terlihat peningkatan nilai kapasitansi pada luas elektroda 64 cm^2 dan 100 cm^2. Dimana luas elektroda 100 cm^2 memiliki nilai kapasitansi lebih besar dari luas elektroda sensor 64 cm^2.



(a)

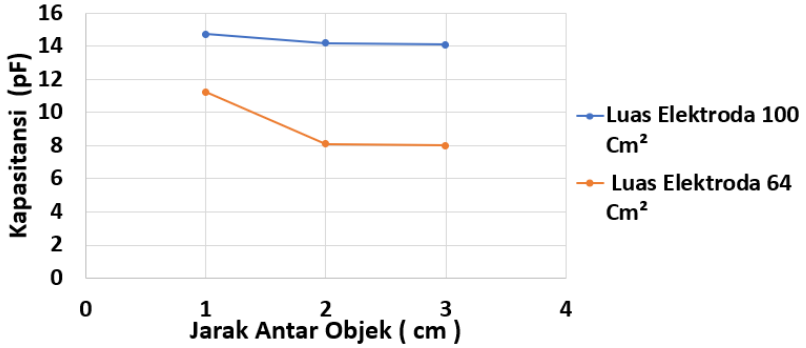


(b)

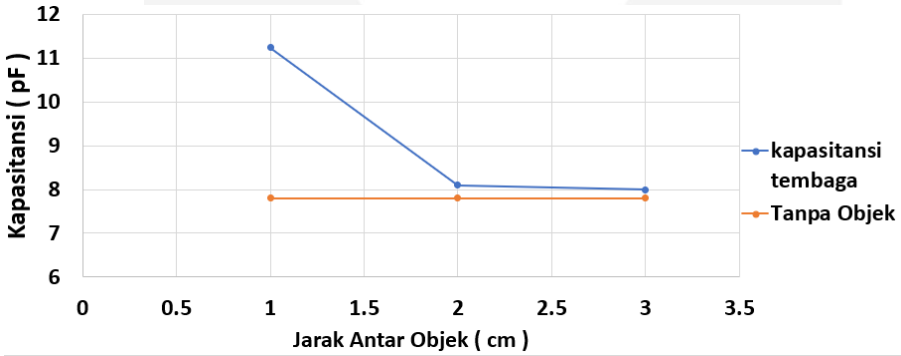
Gambar 6. Pengujian Dengan Variasi (a) luas elektroda (b) objek

3. Pengujian Sensor Kapasitif Terahadap Objek Tembaga

Berdasarkan Gambar 7. (a) pada grafik pengujian objek tembaga dan tanpa objek pada luas elektroda 100 cm^2 dengan beberapa variasi jarak objek tembaga dengan elektroda sensor mengalami perubahan nilai kapasitansi. Dimana untuk jarak objek tembaga dengan elektroda 1 cm memiliki nilai kapasitansi paling besar sedangkan nilai kapasitansi pada jarak 2 cm dan 3 cm tidak jauh berbeda yang artinya sensor kapasitif dapat membaca adanya objek tembaga pada jarak 1 cm. Dari Gambar 7. (b) terlihat peningkatan nilai kapasitansi pada luas elektroda 64 cm^2 dan 100 cm^2. Dimana luas elektroda 100 cm^2 memiliki nilai kapasitansi lebih besar dari luas elektroda sensor 64 cm^2.



(a)

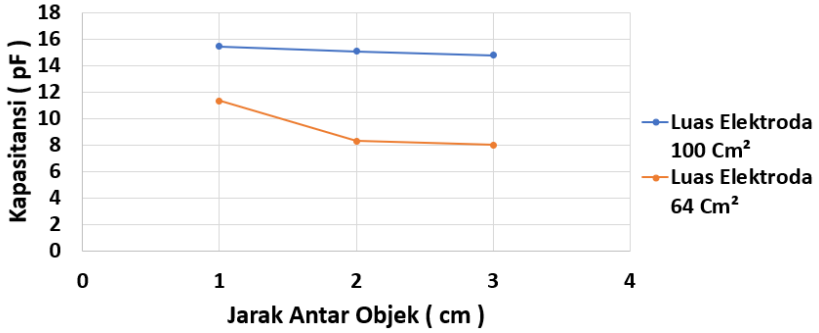


(b)

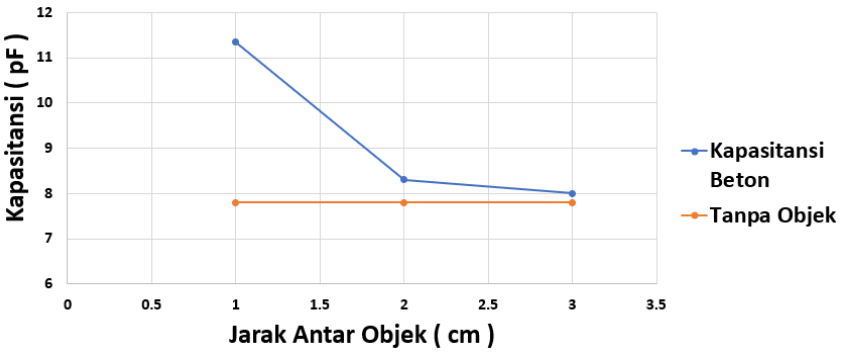
Gambar 7. Pengujian Dengan Variasi (a) luas elektroda (b) objek

4. Pengujian Sensor Kapasitif Terhadap Objek Beton

Berdasarkan Gambar 8. (a) pada grafik pengujian objek beton dan tanpa objek pada luas elektroda 100 cm^2 dengan beberapa variasi jarak objek beton dengan elektroda sensor mengalami perubahan nilai kapasitansi. Dimana untuk jarak objek beton dengan elektroda 1 cm memiliki nilai kapasitansi paling besar sedangkan nilai kapasitansi pada jarak 2 cm dan 3 cm tidak jauh berbeda yang artinya sensor kapasitif dapat membaca adanya objek beton pada jarak 1 cm. Dari Gambar 8. (b) terlihat peningkatan nilai kapasitansi pada luas elektroda 64 cm^2 dan 100 cm^2. Dimana luas elektroda 100 cm^2 memiliki nilai kapasitansi lebih besar dari luas elektroda sensor 64 cm^2.



(a)

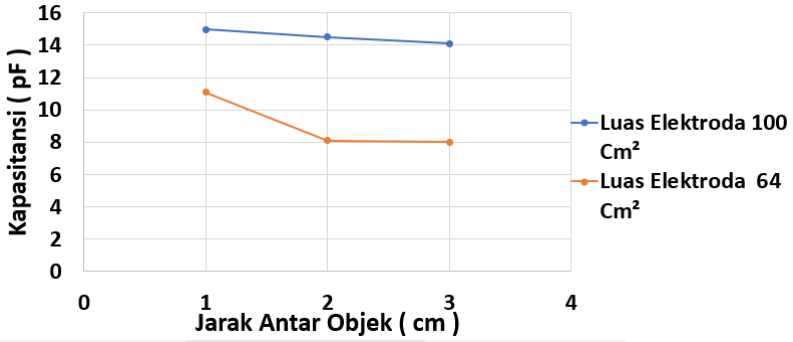


(b)

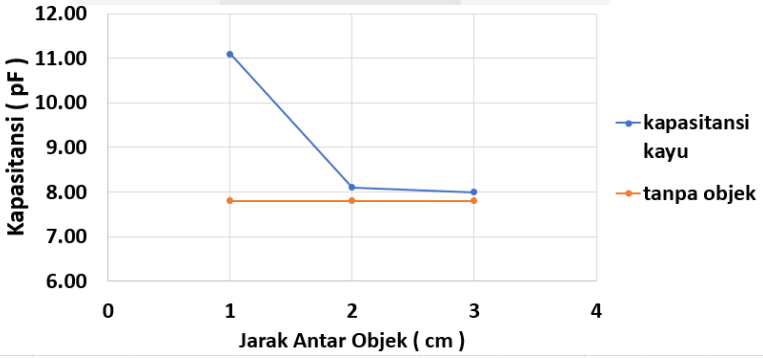
Gambar 8. Pengujian Dengan Variasi (a) luas elektroda (b) objek

5. Pengujian Sensor Kapasitif Terhadap Objek Kayu

Berdasarkan Gambar 9. (a) pada grafik pengujian objek kayu dan tanpa objek pada luas elektroda 100 cm^2 dengan beberapa variasi jarak objek kayu dengan elektroda sensor mengalami perubahan nilai kapasitansi. Dimana untuk jarak objek kayu dengan elektroda 1 cm memiliki nilai kapasitansi paling besar sedangkan nilai kapasitansi pada jarak 2 cm dan 3 cm tidak jauh berbeda yang artinya sensor kapasitif dapat membaca adanya objek kayu pada jarak 1 cm. Dari Gambar 9. (b) terlihat peningkatan nilai kapasitansi pada luas elektroda 64 cm^2 dan 100 cm^2. Dimana luas elektroda 100 cm^2 memiliki nilai kapasitansi lebih besar dari luas elektroda sensor 64 cm^2.



(a)



(b)

Gambar 9. Pengujian Dengan Variasi (a) luas elektroda (b) objek

1.3 Pengaruh Jenis Objek Logam dan Kayu Terhadap Nilai Kapasitansi

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh nilai kapasitansi pada jenis objek logam dan kayu yang terdapat didalam pasir beton. Variasi objek uji yang digunakan yaitu alumunium, besi, tembaga, kayu serta beton. Untuk mengukur kapasitansi pada variasi objek menggunakan LCR-9184 meter.

Tabel 2. Data Pengujian Pengaruh Variasi Jenis Objek Terhadap Kapasitansi

Luas Elektroda Sensor (Cm^2)	Jarak (Cm)	Kapasitansi (pF)					
		Tanpa Objek	Alumunium	Besi	Tembaga	Beton	Kayu
64	1	7.80	10.78	10.38	11.24	11.34	11.10

	2		8.00	8.00	8.10	8.30	8.10
	3		7.90	7.90	8.00	8.00	8.00
100	1	13.60	14.58	13.98	14.76	15.46	14.98
	2		13.74	13.80	14.20	15.08	14.50
	3		13.78	13.76	14.10	14.78	14.12

Berdasarkan pada Tabel 2. terlihat bahwa nilai kapasitansi objek uji mengalami perubahan pada setiap variasi objek uji hanya saja nilai kapasitansi yang didapatkan relative kecil yaitu dengan besar pF.

4. Kesimpulan

Berikut kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

1. Pada penelitian ini telah dilakukan variasi jarak antar kedua elektroda dan variasi luas elektroda sensor untuk mendapatkan hasil yang optimal berdasarkan nilai kapasitansi. Didapatkan nilai kapasitansi yang berbanding terbalik dengan perubahan jarak antar kedua elektroda maka semakin besar nilai kapasitansi. Sedangkan pada variasi luas elektroda sensor didapatkan nilai kapsitansi yang berbanding lurus dengan perubahan nilai kapasitansi, yang artinya semakin luas elektroda sensor maka semakin besar nilai kapasitansi. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan persamaan linear pada variasi jarak antar elektroda $y = -3.6x + 9.333$ dan persamaan linear variasi luas elektroda $y = -0.0514x + 2.6382$. Hasil kapasitansi yang optimal yaitu 7.7 pF dengan jarak antar kedua elektroda 0.5 cm dan luas elektroda 100 cm^2.
2. Sensor kapasitif pelat sebidang telah mampu medeteksi ada atau tidaknya logam dan kayu di dalam suatu objek uji dan dapat membedakan variasi jenis objek uji hanya saja nilai kapasitansi yang didapatkan relative kecil.

Daftar Pustaka:

[1] Acep. 2014. Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pertanahan Menggunakan Elektroda Batang (ROD) Jenis Crom Tembaga, Alumunium, Besi, Dengan Media Tanah Pasir Lumpur dan Tanah Liat. Universitas Musamus:Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha Vol.3 No.2, Agustus 2014. ISSN 2089-6697.

[2] Avisha Youlanda. 2018. Studi Fisibilitas Parameter Sensor Kapsitif Pelat Sebidang. Bandung: Universitas Telkom.

[3] Ahmad, I. K., Mukhlisin, M., & Basri, H. (2016). *Comparisons of Sensor Position for Electrical Capacitance Volume Tomography* (Ecvt). Universitas Kebangsaan Malaysia: *Modern Applied Science* Vol. 10, No. 4, Febuari 2016. ISSN 1913-1844.

[4] Gede Andri. Kajian Tentang Perlakuan Jarak Antar Elektroda Tembaga Terhadap Kinerja Sensor Konduktivitas Listrik Tanah Tipe Kapasitif. Bali.

[5] Callister Jr, William D, 2207, *Material Science and Engineering An Introduction Sevent Edition*, New York : John Wiley and Sons.

[6] Fraden,Jacob.2010. Handbook of Modern Sensor. New York : Springer Science+Business Media.

[7] Bisman, P.2003. Rancangan Kapasitansi Meter Digital.Universitas Sumatera Utara;USU digital library.

[8] Samosir, S. A. 2016. Implementasi Alat Ukur Kapsitansi Digital (Digital Capacitance Meter) berbasis Mikrokontroler.Universitas Lampung: JUrnal Rekaysa dan Teknik Elektro Vol.10 No.1, Januari 2016.

[9] Ketahui Fungsi LCR Meter. [Online]. Available : http://alatukur.web.id/ketahui-fungsi-lcr-meter. [Accessed : 19 Mei 2019]