

Metode Kapasitif Pada Sensor Moisture Keramik Berbasis *Stainless Plate-304*

Muhammad Adryan Munir Rifa'i¹, Fathoni², Donny Radianto³

[Submission: 21-08-2021, Accepted: 23-09-2021]

Abstract— Measurable moisture content in ceramics after the drying process is an aspect that affects the glaze process and the quality of decorative ceramics. This research aims to design a moisture content sensor by applying a capacitive method to ceramic dryers as the main feedback on the machine. The capacitive method utilizes a series of RC filters in which the capacitive circuit will be connected to a *probe* sensor made of stainless steel type 304 to determine the capacitive value of moisture content contained in a measured object, outer in the form of output voltage used to determine the percentage value of moisture content. Sensor calibration is done by using a moisture meter tool by applying a linear method between the outer sensor to the reading of the moisture meter tool where in the formula of converting ADC into a unit of moisture value. Measurement of water content samples in ceramic objects produces a linear voltage response (inversely proportional to changes in the value of moisture content) whereas when the external voltage increases, the percentage value of moisture content is reduced and vice versa. The error value based on the results of the sensor comparison with moisture meter obtained the smallest error result of 0%, the highest error is 1,637% and the average error is 0.589%.

Intisari— Kadar air yang terukur pada keramik setelah proses pengeringan mase merupakan aspek yang berpengaruh terhadap proses glasir dan kualitas keramik hias. Penelitian ini bertujuan mendesain sensor kadar air dengan menerapkan metode kapasitif pada mesin pengering keramik sebagai umpan balik utama pada mesin. Metode kapasitif memanfaatkan rangkaian RC filter di mana rangkaian kapasitif akan dihubungkan sebuah sensor *probe* yang terbuat dari *stainless steel* tipe 304 untuk mengetahui nilai kapasitif kadar air yang terkandung dalam sebuah objek yang terukur, luaran berupa tegangan keluaran yang digunakan untuk menentukan nilai persentase kadar air. Kalibrasi sensor dilakukan dengan menggunakan alat *moisture meter* dengan menerapkan metode linear diantara luaran sensor terhadap pembacaan alat *moisture meter* di mana pada rumus pengkonversian ADC menjadi satuan nilai kadar air. Pengukuran sampel kadar air pada objek keramik menghasilkan respon tegangan yang linear (berbanding terbalik dengan perubahan nilai kadar air) di mana disaat tegangan luaran membesar maka semakin mengecil nilai persentase kadar air dan sebaliknya. Nilai eror berdasarkan hasil perbandingan sensor dengan *moisture meter* didapatkan hasil eror terkecil yaitu 0%, eror tertinggi yaitu 1.637% serta rata rata eror yaitu 0.589 %.

Kata Kunci— *Moisture Sensor, Keramik Hias, Metode Kapasitif.*

I. PENDAHULUAN

Sensor kadar air yaitu sensor yang mengukur sebuah persentase kandungan air dalam sebuah objek, menggunakan sebuah metode kapasitif yang diterapkan pada sensor kadar air di mana nilai kapasitor dapat digunakan sebagai sensor untuk berbagai aplikasi. Setiap pengukuran yang memengaruhi elektrode jarak pemisahan, area elektrode yang tumpang tindih, atau muatan elektrik di sekitar elektrode dapat dirasakan dengan memantau perubahan nilai kapasitif.

Penerapan sensor kadar air berfungsi sebagai umpan balik pada alat pengering di mana alat pengering keramik tersebut dilatarbelakangi oleh perubahan iklim dan cuaca di Indonesia sangat mempengaruhi proses produksi keramik dan hal tersebut berpengaruh pada penjualan. Namun pada kenyataan penerapan teknologi banyak dipergunakan dengan baik masyarakat masih menggunakan metode tradisional dalam proses pengeringan keramik yang bergantung pada pemanfaatan sinar matahari.

Penelitian mengenai sensor kadar air mengenai akurasi dan validasi sensor untuk monitor sistem dengan metode kapasitif, hasil akurasi kadar air tanah dibandingkan dengan metode gravimetri dan kelembaban tanah sensor dengan tipe SM-200, hasil dari pengujian bahwa sensor yang berada di pasar memiliki tingkat akurasi RMSE 0,09 dan 0,06 [1].

Karakter sensor kapasitif untuk penentuan level akuades, hasilnya menunjukkan meningkatnya level akuades dan semakin besar nilai kapasitif objek, luaran menunjukkan tidak konsisten dengan nilai hubungan linearitas dan persamaan $y=0,0913x$ dan koefisien $R=0,9106$ [2].

Penelitian *Soil Moisture* dengan metode *Time Division Multiplexing* (TDM), penelitian menyatakan pengaruh dari kedalaman dan peletakan *probe* yang dipasang pada alat akan mempengaruhi pembacaan kapasitif dalam media tanah dan nilai kapasitif menghasilkan R sebesar 0,97 dan RMSE-nya 2,78 [3].

Pada penelitian ini menerapkan sebuah sensor kapasitif dengan metode kapasitif dengan *probe stainless plate* 1 mm tipe 304 pada objek keramik hias dalam proses pengeringan diproduksinya. Pengukuran tingkat kadar air didasarkan pada

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta no.9, e-mail: adryanrifa@gmail.com

²Dosen, Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta. e-mail: fathoni@polinema.ac.id, donny.radianto@polinema.ac.id



jumlah kapasitif yang terdapat pada objek, di mana jumlah kapasitif akan diproses oleh rangkaian RC filter dan mempengaruhi sinyal pulsa dari osilator dilanjutkan oleh rangkaian *peak detector* nantinya dikonversi secara ADC dan dijadikan satuan % sebagai satuan kadar air. peletakan *probe* akan ditempelkan pada loyang yang akan menopang objek saat dipanaskan. *Probe-probe* tersebut terpasang sejajar pada sebuah loyang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mendesain sebuah sensor pembacaan kadar air pada objek keramik hias dalam proses pengeringan dengan menerapkan metode kapasitif yang mana diharapkan dapat mendeteksi tingkat kadar air pada objek tanpa dipengaruhi suhu panas pengeringan. Desain dari sensor berbentuk sebuah *probe* yang menempel pada loyang yang menopang objek dideteksi.

II. TINJUAN PUSTAKA

Penelitian ini meliputi beberapa komponen penting dan beberapa metode yang digunakan dalam penelitian baik metode dalam pembuatan *hardware* dan juga bagian *software*.

A. Plate Stainless Steel type 304

Plat stainless pada gambar 1 merupakan plat yang memiliki kadar Nikel 8 persen hingga 10 persen. Sifatnya lebih lentur atau lunak. Plate 304 termasuk *Austenitic* tersusun dari beberapa bahan, yaitu 16% kromium, 7% nikel, dan nitrogen. Sifat SS *Austenitic* yaitu: memiliki kekuatan dan ketahanan pada suhu (baik suhu tinggi maupun suhu rendah) [4].

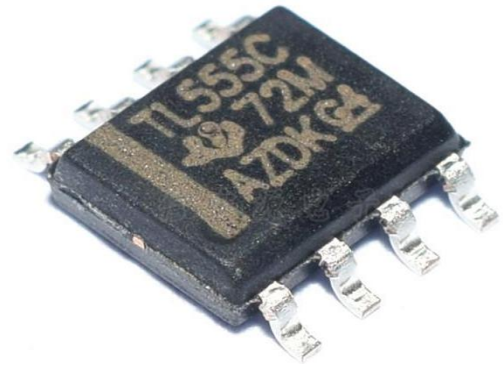


Gambar 1: Probe stainless steel 304

B. TLC555

TLC555 adalah sirkuit waktu monolitik yang dibuat menggunakan TI LinCMOS™ proses. *Timer* yang kompatibel dengan logika CMOS, TTL, dan MOS dan beroperasi pada frekuensi hingga 2 MHz. Karena impedansi masukan yang tinggi, perangkat ini mendukung kapasitor waktu yang lebih kecil daripada yang didukung oleh NE555 dan LM555. Akibatnya, penundaan waktu dan osilasi yang lebih akurat

dimungkinkan. Gambar 2 merupakan bentuk dari IC TLC555 yang memiliki tingkat pemacu sama dengan sepertiga dari tegangan pasokan dan tingkat ambang batas yang sama dengan dua pertiga tegangan pasokan. Level-level ini dapat diubah dengan menggunakan terminal tegangan kontrol [5].



Gambar 2: IC TLC555

C. Pembangkit Pulsa (*Astable Multivibrator*)

Pembangkit pulsa merupakan rangkaian khusus untuk pembangkit pulsa yang dapat diatur mode kerjanya, sehingga dapat membentuk suatu multivibrator dan pewaktu. *Astable multivibrator* merupakan sirkuit tidak stabil dan memiliki luaran pulsa dengan waktu yang telah ditentukan Periode. Luaran berupa gelombang persegi/persegi panjang yang berkelanjutan yang dapat didesain pada rangkaian resistor eksternal dan kapasitor.

Perancangan sirkuit memiliki beberapa parameter yang perlu ditentukan oleh Frekuensi (atau periode waktu) gelombang, dan Siklus tugas gelombang. Multivibrator yang dapat dirancang menggunakan berbagai jenis komponen, antara lain 555 *Timer* IC [6].

D. Peak Detektor (*Charger bucket*)

Detektor puncak adalah sirkuit yang menyimpan nilai amplitudo maksimum sinyal. Jika sinyal bervariasi dengan cepat yang tidak dapat diukur, maka solusinya detektor puncak. Sirkuit ini memegang nilai amplitudo maksimum untuk waktu yang singkat sehingga kita dapat mengukurnya.

Prinsip detektor puncak sederhana yang terdiri dari satu dioda, satu kapasitor dan satu resistor. Dioda mengizinkan arus dalam satu arah, yaitu membebaskan kapasitor. Ketika masukan berupa pulsa memberi beban maka kapasitor memegang nilai untuk mengukur puncak jangka pendek, periode singkat berkisar dari *milisecond* hingga beberapa detik. Resistor terhubung sejajar dengan kapasitor yang keluar.[7]

E. Low pass filter

LPF adalah tapis yang mempunyai sifat meloloskan yang



berfrekuensi rendah dan menghilangkan yang berfrekuensi tinggi. Efek dari tapis ini membuat aras keabuan menjadi lembut [8].

LPF yang ideal adalah LPF yang sama sekali tidak melewatkan sinyal dengan frekuensi di atas frekuensi cut-off (fc) atau tegangan keluaran pada sinyal frekuensi di atas frekuensi *cut-off* sama dengan 0V. *Low pass filter* ini sering disebut dengan Penyaring Lolos Bawah, LPF dibuat dengan menggunakan beberapa macam komponen pasif seperti Resistor dan Kapasitor atau Induktor. *Low pass filter* yang dibuat dengan resistor dan kapasitor disebut dengan *Low Pass RC Filter* sedangkan *low pass filter* yang dibuat dengan Resistor dan Induktor disebut dengan *Low Pass RL Filter*.

F. Analog to Digital Converter(ADC)

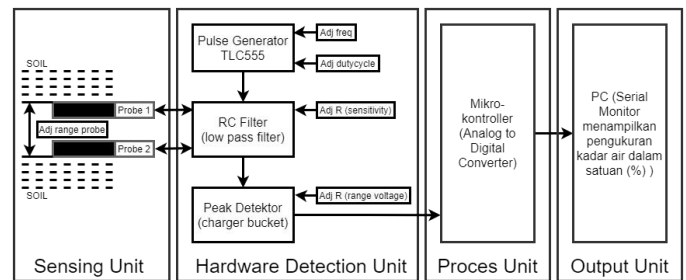
Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah masukan analog menjadi kode digital. ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan *sampling* suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan *sampling* biasanya dinyatakan dalam *sample per second*(SPS).

III. METODE PENELITIAN

Desain metode kapasitif sensing dalam pengukuran kadar air pada sebuah objek terdiri dari beberapa bagian yaitu: rangkaian pulsa generator, rangkaian LPF rangkaian, *peak detector* (*charger bucket*) dan *probe detector stainless steel* tipe 304. *Probe* tersebut didesain di atas loyang yang akan menopang objek. Jarak antara *probe A* dengan *probe B* 2 cm.

A. Blok Diagram

Masukkan sensor berupa sebuah kapasitif dari sebuah objek yang akan dideteksi oleh *probe*, dalam pengelompokannya akan dikelompokkan dalam *sensing unit* yang bertugas untuk mendeteksi secara langsung objek. *Detection unit* terdiri dari generator pulsa, LPF, dan *charger bucket*.



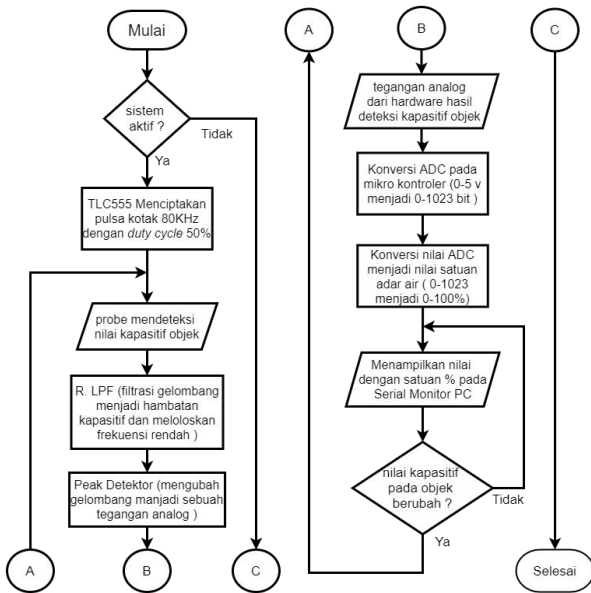
Gambar 3: Blok diagram sistem

Gambar 3 merupakan gambar blok diagram yang menjelaskan bagian penting yang menghasilkan sebuah tegangan keluaran dan selanjutnya yaitu bagian *process unit* berfungsi sebagai proses konversi di mana dari luaran berupa tegangan akan dikonversi menjadi sebuah nilai kadar air dalam satuan persen(%) dan *output unit* berfungsi menampilkan luaran tersebut pada serial monitor pada komputer menggunakan *software* arduino ide. Gambar 3 menunjukkan visual dari blok diagram sistem penelitian ini.

B. Flowchart System

Sistem sensor kadar air bermula dari pernyataan apakah sistem aktif tidaknya, apabila sistem aktif maka pulsa generator akan menciptakan gelombang kotak dengan frekuensi 80 KHz dan *duty cycle* 50%, gelombang tersebut akan disalurkan terhadap *probe 1* dan *probe 2* akan menerima dengan frekuensi yang terkena masukan berupa nilai kapasitif dari objek yang dideteksi selanjutnya diproses pada rangkaian LPF, rangkaian LPF berfungsi meloloskan frekuensi diciptakan oleh pulsa generator. Gelombang yang diloloskan oleh LPF akan menciptakan sebuah hambatan kapasitif yang diciptakan karena bertemunya sebuah kapasitor (nilai kapasitif objek) dengan gelombang kotak. Gelombang kotak tersebut akan dideteksi oleh *peak detector* menjadi sebuah sinyal analog yang akan dibaca oleh mikrokontroler, mikrokontroler akan mengubah sinyal analog menjadi sebuah sinyal digital, nilai ADC yang dihasilkan oleh pembacaan mikrokontroler akan diubah menggunakan rumus persamaan linier karakteristik sensor kapasitif menjadi sebuah satuan kadar air yaitu persen % sistem ini akan mengulang terus menerus sesuai dengan pembacaan nilai kapasitif pada sebuah objek. Gambar 4 merupakan visual dari alur kerja sistem yang telah dijelaskan dengan masukan, proses, dan luaran dengan alur.

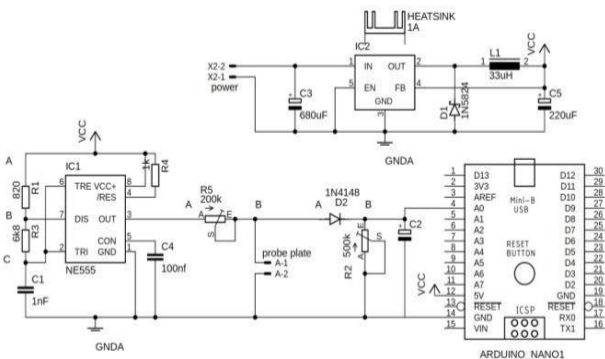




Gambar 4: Flowchart system

C. Rangkaian Skematik Sistem

Rangkaian sensor *moisture meter* terdiri dari rangkaian pulsa generator yang terdapat pengaturan frekuensi dari referensi penelitian terdahulu menyatakan bahwa pembacaan nilai kapasitif yang optimal dengan frekuensi 80KHz dan *duty cycle* 50% melewati rangkaian *low pass filter*, di mana rangkaian LPF akan mendeteksi nilai C dari *probe* mendeteksi kapasitif pada objek. Rangkaian LPF terdapat resistor variabel, resistor tersebut dapat mengatur sensitivitas sensor. Hasil dari rangkaian LPF akan diproses oleh *charger bucket* di mana terdapat resistor variabel yang mengatur jarak tegangan luaran, di mana luaran tegangan diubah menjadi sebuah nilai referensi kadar air dalam satuan %. Gambar 5 merupakan rangkaian skematik pembacaan kadar air pada keramik yang akan dideteksi *probe stainless plate*.



Gambar 5: Rangkaian sistem

Untuk menentukan nilai R1, R3 dan C1 dengan persamaan (1) yang mana frekuensi serta *duty cycle* susah ditentukan menggunakan frekuensi 80Khz serta *duty cycle*

50% dari penelitian terdahulu menyatakan bahwa frekuensi dan *duty cycle* tersebut yang paling optimal dalam mengukur kadar air, frekuensi akan dihasilkan oleh pulsa generator menggunakan persamaan berikut untuk menentukan frekuensi dan *duty cycle* yang akan dihasilkan oleh pulsa generator NE555. Di mana mendapatkan persamaan (1) sebagai berikut:

$$f = \frac{1,44}{((Ra + 2Rb) * C)} \tag{1}$$

Keterangan :

Ra: nilai R1, C: nilai C1

Rb: nilai R3, f: pengaturan frekuensi 80KHz referensi

Dilanjutkan mencari nilai resistansi dalam rangkaian LPF sebagai rangkaian pertama yang mendeteksi nilai kapasitif pada objek, di mana nilai kapasitif akan menghasilkan impedansi kapasitif dikarenakan suatu nilai kapasitif apabila dikenai sebuah gelombang frekuensi. Mendapatkan hasil persamaan (2) :

$$Xc = \frac{1}{2\pi f C} \tag{2}$$

Keterangan

Xc: impedansi kapasitif yang akan menentukan besar gelombang pada LPF

f: frekuensi set yang dihasilkan oleh *pulsa* generator

C: nilai kapasitif objek

Hasil dari persamaan (2) akan menjadi sebuah masukan pada persamaan (3) sebagai pembagi tegangan karena adanya impedansi kapasitif:

$$Vout = Vin \frac{1}{\sqrt{R^2 + Xc^2}} \tag{3}$$

Keterangan:

Vin: VPP pada gelombang kotak *pulsa* generator

R: nilai resistansi R5

Xc: impedansi kapasitif dari persamaan (2)

Proses terakhir pada *hardware peak detector* dengan persamaan (4) berfungsi mengubah sinyal gergaji dari rangkaian LPF yang membagi serta memfilter gelombang menjadi sebuah tegangan dc.

$$Vout = Vin(duty cycle) * e^{-\frac{t}{R * C}} \tag{4}$$

Keteran :

Vin: vout dari persamaan 2 dan 3

duty cycle: persentase *duty cycle* dari gelombang pulsa

e: konstanta euler

R: nilai resistansi R2

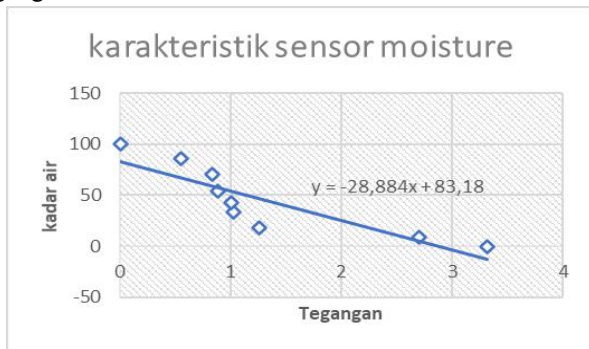
C: nilai kapasitif C2

t: nilai periode dari gelombang kotak

D. Karakteristik Sensor Moisture meter



Untuk mengetahui karakteristik sensor kadar air menggunakan metode kapasitif yang didesain, dilakukan beberapa percobaan pengukuran pada beberapa sampel objek keramik, dari sampel tersebut diukur respon sensor terhadap tingkat kadar air. Semakin basah sebuah objek semakin turun nilai tegangan dan semakin tinggi nilai persentase yang terbaca dalam mengukur kadar air dalam objek. Gambar 6 merupakan gambar grafik linier dari nilai kadar air dengan tegangan luaran pada sensor kadar air, mendapat nilai persamaan kadar air dari input nilai tegangan.



Gambar 6: Karakteristik sensor kadar air

E. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak digunakan untuk memberikan perintah dan menjalankan program. tahap awal memberikan catu daya yaitu mendeklarasikan variabel dan pin yang dipakai dalam proses pengukuran. Data yang terbaca akan dikirim dan diolah mikrokontroler, pengolahan tersebut melalui proses konversi ADC di mana mikrokontroler mengubah sinyal analog dari rangkaian skematik sistem menjadi sebuah sinyal digital di mana hasil dari konversi tersebut diolah dengan rumus yang diperoleh dari linear pembacaan alat kadar air yang memiliki lisensi, kemudian hasil akan ditampilkan di serial monitor.

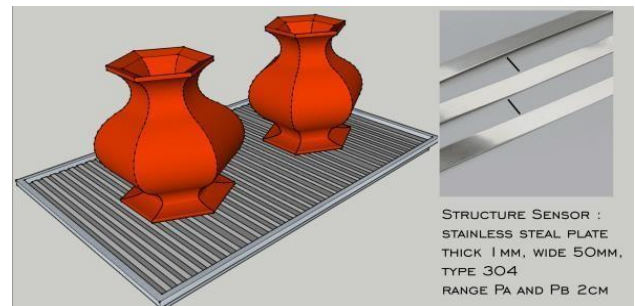
F. Desain mekanik

Desain sensor kadar air berbasis *plate stainless steel* memiliki spesifikasi probe pada satu Loyang terdiri 10 plate dengan jarak 2cm tiap plate.

Pada gambar 7 merupakan gambar desain perancangan dari sensor kadar air keramik, terlihat bahwa Loyang akan dipasangkan stainless steel dengan pemasangan probe A dan probe B, penempelan stainless dilakukan dengan menggunakan sebuah *double-tape* yang memiliki tingkat isolasi terhadap bahan loyang dan tahan terhadap panas 30-100 Celcius.

Probe tersebut akan di sambungkn pada rangkaian kadar air untuk mengkonversi bilai kapasitansi pada objek

mnejadi nilai tegangan yang akan dikonversi menjadi nilai kadar air oleh mikrokontroler.



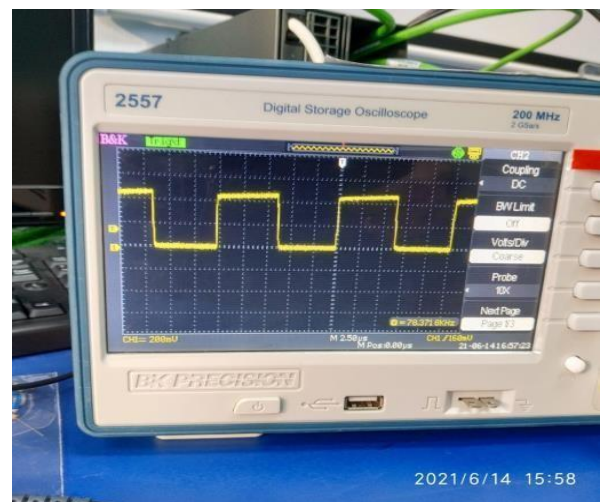
Gambar 7: Desain sensor dan posisi sensor dalam mengukur kadar air

IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian dilakukan pada beberapa luaran, yaitu generator pulsa, LPF, *charger bucket*, dan pengujian sampel terhadap objek keramik hias setelah proses cetakan. Proses pengujian dilakukan pada hasil akhir menggunakan beberapa sampel serta perbandingan dengan *moisture meter* pada sebuah objek setelah proses cetakan.

A. Pengujian pulsa generator

Pengujian luaran pada pulsa generator menggunakan *integrated circuits* NE555 dalam menghasilkan sebuah sinyal pulsa generator rangkaian yang digunakan merupakan rangkaian *timer astable*.



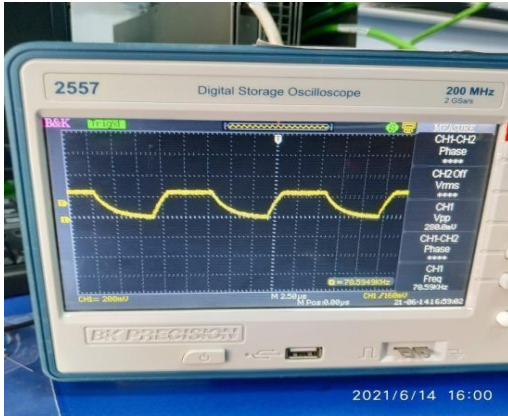
Gambar 8: Luaran dari rangkaian *Timer Astable* TLC555

Berdasarkan gambar 8 menunjukkan bahwa keluaran yang dihasilkan oleh pulsa generator dengan frekuensi 78.371 KHz, *duty cycle* 48% dan VPP 4.87 V di mana luaran yang dihasilkan memiliki selisih pada frekuensi sebesar 2.739 KHz, 2% pada *duty cycle* dan 0.13 V pada VPP gelombang.

B. Pengujian sinyal LPF



Pengujian masukan dan keluaran pada rangkaian LPF di mana nilai C pada pengujian ini menggunakan sebuah kapasitor keramik yang dipasang sebagai pengganti *probe* pendeteksi sebuah kapasitif pada sebuah objek.

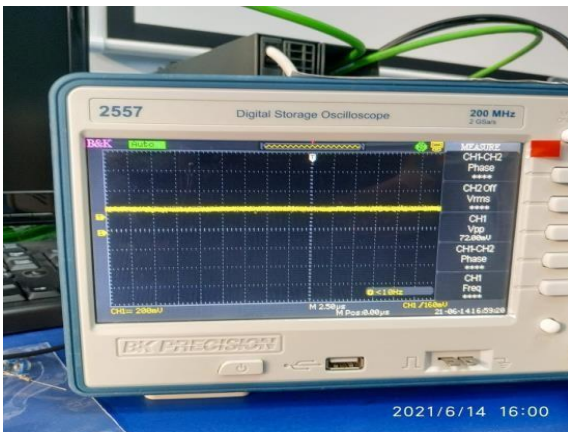


Gambar 9: Luaran dari rangkaian LPF (*sensing detector*)

Gambar 9 menunjukkan bahwa luaran dari rangkaian LPF yang membuat gelombang kotak dari pulsa generator difilter kemudian dibagi tegangan oleh impedansi kapasitif menjadikan luaran gelombang gigi hiu terpotong.

C. Pengujian sinyal *charger bucket*

Pengujian masukan dan keluaran pada rangkaian LPF di mana nilai C pada pengujian ini menggunakan sebuah kapasitor keramik yang dipasang sebagai pengganti *probe* pendeteksi sebuah kapasitif pada sebuah objek.



Gambar 10: Luaran dari rangkaian *Charger Bucket* (*Peak Detektor*).

Berdasarkan gambar 10 menunjukkan bahwa luaran pada atau *peak detector* mengubah sinyal gigi hiu pada rangkaian LPF menjadi sebuah sinyal DC dengan frekuensi di bawah 10Hz di mana sinyal tersebut yang akan menjadi luaran utama berupa level tegangan yang berbanding terbalik dengan nilai kadar air pada objek mase keramik.

D. Pengujian Sensor *Moisture Meter*

Pengujian sensor dilakukan dengan mengukur nilai kadar air menggunakan sensor yang didesain dan dibandingkan pengukurannya dengan *moisture meter*. Sampel air yang diujikan ada 5 sampel dengan tingkat kadar air yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2, tabel 3, tabel 4, dan tabel 5.

TABEL I.

HASIL PENGUKURAN KADAR AIR SAMPEL 1

No.	Uji ke-	Tegangan (Volt)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
			Sensor	MoistureMeter
1	Uji 1	1.03	34.3	34.6
2	Uji 2	0.98	33.9	34.1
3	Uji 3	0.98	33.9	33.6
4	Uji 4	0.99	34.1	33.9
5	Uji 5	0.99	34.1	34.1
Rata-rata		0.994	34.0	34.0

TABEL II.

HASIL PENGUKURAN KADAR AIR SAMPEL 2

No.	Uji ke-	Tegangan (Volt)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
			Sensor	MoistureMeter
1	Uji 1	0.84	67.0	66.9
2	Uji 2	0.84	67.0	67.3
3	Uji 3	0.84	67.4	67.3
4	Uji 4	0.82	66.0	67.0
5	Uji 5	0.83	66.5	67.1
Rata-rata		0.834	66.7	67.1

TABEL III.

HASIL PENGUKURAN KADAR AIR SAMPEL 3

No.	Uji ke-	Tegangan (Volt)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
			Sensor	MoistureMeter
1	Uji 1	0.72	75.0	75.1
2	Uji 2	0.72	75.0	73.8
3	Uji 3	0.73	74.9	75.3
4	Uji 4	0.72	75.0	75.5
5	Uji 5	0.72	75.0	75.3
Rata-rata		0.725	75.0	74.9



TABEL IV.

HASIL PENGUKURAN KADAR AIR SAMPEL 4

No.	Uji ke-	Tegangan (Volt)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
			Sensor	MoistureMeter
1	Uji 1	2.01	12.4	12.7
2	Uji 2	2.01	12.5	12.1
3	Uji 3	2.00	12.4	12.1
4	Uji 4	2.01	12.4	12.3
5	Uji 5	2.00	12.4	11.9
Rata-rata		2.006	12.4	12.2

TABEL V.

HASIL PENGUKURAN KADAR AIR SAMPEL 5

No.	Uji ke-	Tegangan (Volt)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
			Sensor	Moisture Meter
1	Uji 1	0.68	79.0	80.1
2	Uji 2	0.69	80.2	80.3
3	Uji 3	0.68	79.0	80.0
4	Uji 4	0.69	80.0	80.1
5	Uji 5	0.68	79.0	79.8
Rata-rata		0.684	79.4	80.0

Berdasarkan hasil pengujian kadar air pada tabel 1, 2, 3, 4, dan 5 menunjukkan bahwa hasil pengukuran menggunakan sensor yang didesain nilai % mendekati nilai kadar air pada saat diukur dengan *moisture meter*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja. Respon tegangan yang dihasilkan adalah linear (berbanding terbalik dengan perubahan nilai kadar air).

TABEL VI.
 PERBANDINGAN KADAR AIR *MOISTURE METER*

No.	Tegangan (V)	Kadar Air (%)		Error (%)
		Sensor	MoistureMeter	
1	0.994	34.06	34.06	0
2	0.834	66.78	67.12	0.507
3	0.725	74.98	75	0.027
4	2.006	12.42	12.22	1.637
5	0.684	79.44	80.06	0.774
Rata-rata				0.589

Berdasarkan tabel 6 pengujian tingkat akurasi pada sensor didapatkan nilai error paling tinggi yaitu 1.637%, error paling rendah yaitu 0% dan error rata-rata 0.589 %

V. PENUTUP

Setelah melakukan penelitian dalam pembuatan atau rancang bangun sensor kadar air dengan metode kapasitif berbasis *stainless steel* tipe 304 pada sebuah objek keramik hias, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran :

A. Kesimpulan

digunakan merupakan rangkaian *timer astable*.

1. Pengujian pada rangkaian *hardware* bermula dari pulsa generator yang menghasilkan luaran gelombang kotak dengan frekuensi 78.371 KHz dan *Duty cycle* 48%, rangkaian LPF yang menghasilkan sinyal gigi hiu terpotong dan yang terakhir rangkaian *peak detector* mengubah sinyal gigi hiu menjadi sinyal DC yang menampilkan secara linier berbanding terbalik dengan kadar air objek beberapa faktor yang mempengaruhi luaran antara lain nilai toleransi pada komponen pasif maupun aktif, serta adanya nilai impedansi dalam jalur rangkaian atau kabel yang dipakai.
2. Melalui 25 percobaan dengan 5 sampel, dan setiap sampelnya diambil 5 data dari sampel tersebut diambil nilai rata-rata serta dibandingkan dengan pembacaan *moisture meter* didapatkan beberapa eror dapat dianalisis beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu loyang yang digunakan sebagai penopang objek merupakan sebuah kayu, media kayu memiliki kadar air pada bahannya sehingga diperkirakan bahwa nilai kapasitif pada objek berubah dan nilai linier dari rumus persamaan linier sensor.
3. Sistem atau prinsip kerja sensor yaitu respon tegangan keluaran pada sensor linier dengan pembacaan kadar air pada alat pembanding namun nilai tersebut berbanding terbalik di mana nilai kadar air pada suatu objek semakin tinggi maka semakin rendah tegangan keluaran pada sensor dan sebaliknya.

B. Saran

Pengujian luaran pada pulsa generator menggunakan *integrated circuits NE555*

1. Mencari komponen dengan nilai toleransi pada komponen pasif maupun aktif yang paling rendah di mana itu meminimalkan sebuah ketidakakuratan dalam perancangan perhitungan, menggunakan sebuah PCB desain demi meminimalkan impedansi dalam jalur rangkaian.
2. Menggunakan penopang (loyang) untuk sampel sebuah media yang tidak memiliki nilai konduktor terhadap listrik ataupun nilai kapasitif sehingga tidak mempengaruhi nilai kapasitif objek dan nilai linier dari rumus persamaan linier sensor.



REFERENSI

- [1] Nagahage, Ekanayaka A.A.D., Isura S.P. Nagahage, and Takeshi Fujino (2019). Calibration and Validation of a Low-Cost Capacitive Moisture Sensor to Integrate the Automated SoilMoisture Monitoring System. *Jurnal MDPI Agriculture*, Vol. 9, pp. 338-8570, July 2019.
- [2] B. E. Cahyono, Misto, and F. Hasanah (2016). Karakterisasi Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Akuades. *Rekayasa Energi Manufaktur Jurnal*, Vol.1, pp. 2528-3723, Desember 2016.
- [3] I. A. Saeed, L. Zheng, Shi Qinglan, M. Wang, S. L. Butt, Vu Ngoc Tuan, And Gao Wanlin (2019). Development of a Low-Cost Multi-Depth Real-Time Soil Moisture Sensor Using Time Division Multiplexing Approach. *IEEE Agriculture*, vol. 7, pp. 19688 - 19697, Januari 2019.
- [4] Stainless Steel Grade type Datasheets rev Aug 2013, atlas grade Stainless Steel, Sidney, Australia. 22 August 2013.
- [5] TLC555 LinCMOS™ Timer datasheet (Rev. I), Ic Timer Texas Instrumen SLFS043I, Dallas, Amerika serikat. 1 oktober 2008.
- [6] Timer 555_manual sheet, Department of Physics, IIT Roorkee, India. 4 april 2011.
- [7] Petrović, P. B (2014). A new peak detector based on usage of second-generation current conveyors. *Journal of Communications Technology and Electronics*, Vol 45, pp 188–193. B. June 2014.
- [8] Pradana Budi (2015). Implementasi Metode *Low pass filtering* Untuk Mereduksi Noise Pada Objek Citra Digital. *Pelita Informatika Budi Darma*, Vol 9(1), Maret 2015.
- [9] R. Saefuddin, H. Saito, and J. Simunek (2019). Experimental and numerical evaluation of a ring-shaped emitter for subsurface irrigation. *Agricult. Water Manage.*, vol. 211, pp. 111-122, Januari 2019.
- [10] H. Sharma, M. K. Shukla, P. W. Bosland, and R. Steiner (2017). Soil moisture sensor calibration, actual evapotranspiration, and crop coefficients for drip irrigated greenhouse chile peppers. *Agricult Water Manage.*, vol. 179, pp. 81-91, Jan. 2017.

