

Pengaruh *Roasting* Kopi Dampit Terhadap Nilai Permeativitas Relatif Kopi Dampit

Azam Muzakhim Imammuddin¹, Moh. Abdullah Anshori², Koesmarijanto³, Septriandi Wira Yoga⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital,

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta 9, Malang, 65141, Indonesia

[1azam@polinema.ac.id](mailto:azam@polinema.ac.id), [2anshori_ma@polinema.ac.id](mailto:anshori_ma@polinema.ac.id), [3koesmarijanto@polinema.ac.id](mailto:koesmarijanto@polinema.ac.id), [4yoga.septriandi@polinema.ac.id](mailto:yoga.septriandi@polinema.ac.id)

Abstract — The purpose of this study was to design a capacitive sensor system to investigate the effect of Dampit coffee roasting on the relative permeability of coffee. Where this relative permeability value will be used as a reference to determine the level of Dampit coffee roasting. The method used is to design an oscillator circuit, where a capacitive sensor is used as a component of the oscillator. The capacitive sensor is composed of 2 square copper plates with a side length of 10 cm. The distance between the copper plates varies from 2 cm, 3 cm, 4 cm, and 5 cm. The type of oscillator used in this study is an RC oscillator with 4049 CMOS IC. The results of this study indicate that dark roasted coffee has the highest frequency, the largest capacitor value, and the smallest permeability value. Increasing the distance between the copper plates increases the output frequency of the capacitive sensor. The average relative permeativity of dark coffee is 10.92; medium coffee of 12.45; and light coffee of 14.4.

Keywords— Coffee, Dampit, oscillator, RC, relative permeability.

Abstrak — Tujuan penelitian ini merancang sistem sensor kapasitif untuk menyelidiki pengaruh *roasting* kopi Dampit terhadap nilai permeabilitas relative kopi. Dimana nilai permeabilitas relative ini nantinya digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat *roasting* kopi Dampit. Metode yang digunakan adalah merancang rangkaian osilator, dimana sensor kapasitif digunakan sebagai salah satu komponen dari osilator. Sensor kapasitif tersusun dari 2 lempeng tembaga berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi 10 cm. Jarak antara lempeng tembaga bervariasi mulai dari 2 cm, 3 cm, 4 cm, dan 5 cm. Jenis osilator yang digunakan dalam penelitian ini adalah osilator RC dengan IC CMOS 4049. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kopi hasil *roasting* jenis *dark* memiliki frekuensi yang paling besar, nilai kapasitor yang paling besar, dan nilai permeabilitas yang paling kecil. Bertambahnya jarak antara lempeng tembaga meningkatkan frekuensi keluaran sensor kapasitif. Rata-rata nilai permeativitas relatif kopi *dark* sebesar 10,92; kopi medium sebesar 12,45; dan kopi *light* sebesar 14,4.

Kata kunci — Kopi, Dampit, osilator, RC, permeabilitas relative.

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu minuman yang sangat di gemari oleh masyarakat Indonesia karena rasa dan aromanya. Minuman ini di gemari oleh segala umur secara turun temurun. Jenis kopi yang ada di Indonesia memiliki ciri khas tersendiri tergantung dari kontur tanah, letak ketinggian tanah terhadap permukaan laut, cara penanaman hingga proses pemanenan. Dalam penentuan lokasi tanam untuk tanaman kopi di Indonesia saat ini umumnya dapat tumbuh baik pada ketinggian tempat di atas 700 m di atas permukaan laut (dpl). Untuk penanaman pada tanaman kopi ada beberapa hal yang harus dilakukan seperti pengajiran, jarak tanam, lubang tanam, pengendalian erosi hingga penangung untuk memaksimalkan hasil panen.

Biji kopi dari setiap jenis kopi dalam penyajiannya memiliki beberapa jenis yang ditentukan oleh tingkat kematangan biji kopi saat di *roasting* antara lain *light roast*, *light to medium*, *medium roast*, *medium to dark*, dan *dark roast*. Proses *roasting* adalah proses pembentukan rasa dan aroma pada biji kopi. Apabila biji kopi memiliki keseragaman dalam ukuran, specific gravity, tekstur, kadar air dan struktur kimia, maka proses penyangraian akan relatif lebih mudah untuk dikendalikan. Kenyataannya, biji kopi memiliki perbedaan yang sangat besar, sehingga proses penyangraian merupakan seni dan

memerlukan ketrampilan dan pengalaman sebagaimana permintaan konsumen [1].

Untuk memilah-milah biji kopi yang telah di *roasting* masih dilakukan dengan cara manual yaitu dengan cara melihat warna biji kopinya yang terkadang dapat mengalami kesalahan karena beberapa faktor dan membutuhkan waktu lama dan menghasilkan produk dengan mutu yang tidak konsisten. Bila terjadi kesalahan dalam memilah biji kopi yang tidak sesuai dengan tingkat *roasting*nya akan mengurangi kualitas rasanya.

Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk mendeteksi jenis biji kopi berdasarkan tingkat *roasting*nya sehingga dapat menjaga rasa asli dari tingkat *roasting* tersebut. Salah satu metode untuk mendeteksi adalah dengan menggunakan sensor kapasitif. Dimana sensor kapasitif ini digunakan dalam rangkaian osilator. Rangkaian osilator pada rancangan ini bertujuan untuk melakukan pengukuran pengantraran frekuensi pada kulit kopi dampit. Hasil nanti akan dibandingkan untuk beberapa jenis kopi dampit sebelum dan sesudah di *roasting*. Dari hal itu juga diharapkan mendapatkan hasil yang maksimal dalam perbandingan kulit kopi dampit terhadap frekuensi yang diukur [2].

II. METODE

Kopi adalah sejenis minuman yang berasal dari proses pengolahan dan ekstraksi biji tanaman kopi. Kata kopi sendiri berasal dari bahasa Arab qahwah yang berarti kekuatan karena

pada awalnya kopi digunakan sebagai makanan berenergi tinggi. Kata qahwah mengalami perubahan menjadi kahveh berasal dari bahasa Turki dan berubah lagi menjadi koffee dalam bahasa Belanda. Penggunaan kata koffee segera diserap kedalam Bahasa Indonesia menjadi kata kopi yang dikenal saat ini.

Dari sekian banyak jenis biji kopi yang dijual di pasaran, hanya terdapat dua jenis varietas utama, yaitu kopi arabika (kualitas terbaik) dan robusta. Masing-masing jenis kopi ini memiliki keunikannya masing-masing dan pasarnya sendiri.

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia [3].

Roasting kopi adalah proses pemanggangan biji yang masih mentah (green bean) hingga tingkat kematangan tertentu. Biji yang dipanggang akan siap untuk dikonsumsi setelah melewati first crack, biasanya ditandai dengan aroma manis karena proses karamelisasi di dalam biji. Dalam proses *roasting* kopi, suhu dan waktu akan mempengaruhi hasil akhir dan rasa kopinya. Ada tiga level *roasting* kopi secara umum, yaitu *light*, *medium*, dan *dark roast* [4]. Biji *dark roast* memiliki warna paling gelap dan biasanya berminyak, sementara biji *light roast* berwarna coklat muda kekuningan dan paling terang. Fungsi dari proses pemanggangan adalah untuk memunculkan rasa asli dari biji kopinya agar rasanya lebih nikmat. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu *roasting* kopinya, biji akan semakin gosong. Jika semakin gosong, karakter asli dan aroma khas *roasting*-nya akan semakin kuat [5].

Tidak ada formula ataupun tingkat kematangan yang paling baik, semua tergantung pada jenis dan kualitas biji kopinya. Jenis yang berbeda memiliki suhu dan tingkat kematangan ideal yang berbeda. Begitu pula dengan kualitas biji, tingkat kematangan harus menyesuaikan kualitas green bean-nya [6].

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 lembar plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan berkumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya [7]. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika

dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs [8].

Sensor kapasitif telah digunakan dalam beberapa penelitian terdahulu seperti kapasitif digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi kualitas biji kopi jenis kopi papain dengan hasil biji kopi papain yang yang memiliki nilai kapasitansi antara 160 pF sampai 170 pF. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rangkaian aktif differensiator sebagai rangkaian yang mengubah kapasitansi menjadi tegangan [9].

Sensor kapasitif digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban gabah padi. Pada penelitian ini sensor kapasitif digunakan dalam rangkaian osilator LC. Hasilnya menunjukkan bahwa bertambah kelembaban gabah padi menyebabkan penurunan frekuensi osilator LC [7]. Sensor kapasitif digunakan untuk mengukur kadar air benih jagung. Pada penelitian ini sensor kapasitif digunakan dalam pelat sejajar dengan hasil akurasi 94,9%. Sensor kapasitif dalam rangkaian RC dan rangkaian PLL untuk mengukur tingkat kelembaban gabah padi dengan hasil kenaikan kelembaban gabah padi menurunkan tegangan dari rangkaian PLL [10].

Sensor kapasitif dan mekanik digunakan dalam memperkirakan kelembaban kopi hijau selama proses pengeringan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sensor kapasitif dapat menentukan kelembaban biji kopi dari 40 hingga 10%. Sedangkan penelitian yang dilakukan saat ini adalah tentang "Sensor Kapasitif Untuk Mengukur Tingkat *Roasting* Biji Kopi Dampit" hal ini bertujuan untuk memudahkan proses *roasting* kopi Dampit.

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. Sifat sensor kapasitif yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengukuran [11].

Sensor kapasitif bekerja berdasarkan prinsip pengukuran kapasitansi dari sensed material (material yang disensor). Cakupan material tersebut mulai dari ferro (besi), steel (baja), aluminium, copper (tembaga), bronze (kuningan) bahkan hingga air sekalipun.

Sensor kedekatan kapasitif adalah alat yang merasakan object yang diaktifkan oleh bahan konduktif dan non-konduktif. Kerja sensor kapasitif juga didasarkan pada prinsip osilator. Meskipun demikian, kumparan sisi aktif dari sensor kapasitif yang dibentuk oleh dua elektroda logam agak mirip dengan kapasitor terbuka [12].

Electrode-elektrode ditempatkan pada loop umpan balik dari osilator frekuensi tinggi yang tidak aktif dengan "tanpa target". Pada saat target mencapai sisi sensor, target memasuki medan elektrostatik yang dibentuk oleh elektroda-elektroda. Ini menyebabkan kenaikan kapasitansi perangkaian, dan rangkaian mulai berosilasi. Amplitudo osilasi diukur dengan rangkaian pengevaluasian yang membangkitkan sinyal untuk

menghidupkan atau mematikan output elektronis seperti yang terlihat [13][14] pada Gambar 1.

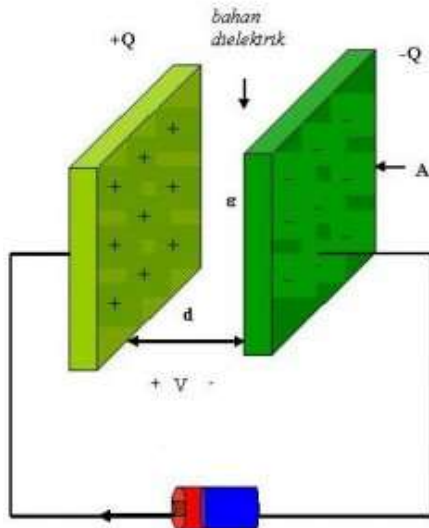


Figure 1. Konstruksi sensor kapasitif

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:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad [15]$$

Dimana:

ϵ_0 : permitivitas ruang hampa (8,85.10-12 F/m)

ϵ_r : permitivitas relatif (udara = 1)

A : luas plat/lempeng dalam m²

d : jarak antara plat /lempeng dalam m

Osilator pada Gambar 2 merupakan sebuah rangkaian penguat dengan umpan balik positif. Yang berarti bahwa jika sinyal umpan balik cukup besar dan memiliki fase yang benar, maka akan ada output sinyal meskipun tidak ada sinyal input eksternal. Keluaran osilator bisa berupa bentuk sinusoida, persegi, dan segitiga.

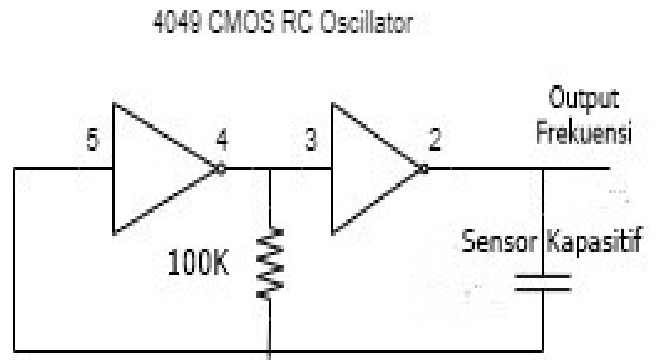


Figure 2. Rangkaian osilator RC dengan CMOS 4049

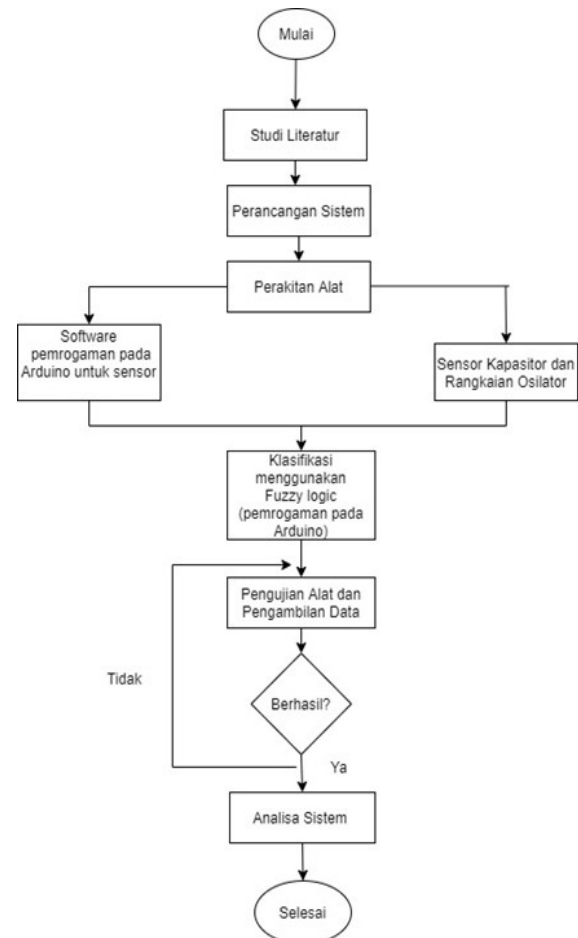


Figure 3. Tahapan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan penelitian dilakukan untuk memperinci dalam pembuatan perangkat agar hasil dapat didapatkan secara runtut. Tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam pembuatan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

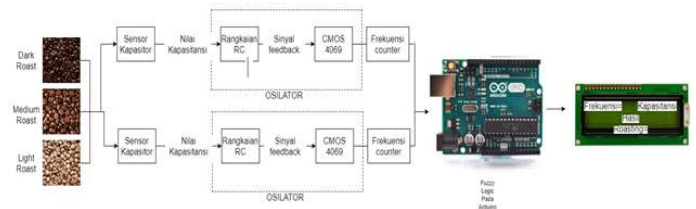


Figure 4. Blok diagram sistem

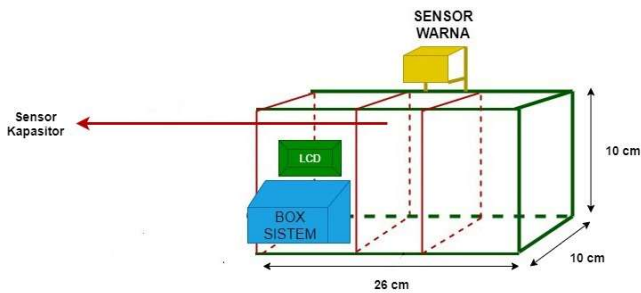


Figure 5. Dimensi alat pengujian

Gambar 4 dan 5 menjelaskan tentang diagram blok sistem pada penelitian yang dilakukan. Fungsi dari masing-masing sistem adalah sebagai berikut:

- Biji kopi kawi merupakan bahan yang digunakan untuk penelitian dan akan mengubah nilai kapasitif dari sensor. Ada 3 jenis biji kopi yaitu light roast, medium roast dan dark roast
- Sensor kapasitor akan memberikan sebuah nilai kapasitansi berdasarkan jenis biji kopi roasting yang dimasukkan.
- Sensor Warna akan mendeteksi intensitas warna yang ada pada biji kopi sesuai dengan warna dasar digital yang ada yaitu red, green dan blue
- Rangkaian RC akan menghasilkan sinyal feedback yaitu berupa frekuensi resonan yang berulang ulang
- CMOS sebagai inverter akan mencharge kapasitor melalui gerbang NOT dengan cara memanfaatkan delay propagasi dari salah satu gerbang.
- Osilator merupakan rangkaian yang terdiri dari RC dan IC CMOS dimana akan memberikan keluaran yang amplitudonya berubah ubah secara periodic dengan waktu.
- Arduino Uno merupakan microcontroller yang berfungsi untuk mendeteksi nilai frekuensi dan sensor warna.
- Lcd 16x2 digunakan untuk menampilkan data dari Arduino uno
- Frekuensi counter di rangkai menggunakan Arduino dan OLED sebagai pendeteksi frekuensi

Hasil pengujian kopi dampit setelah dilakukan *roasting* dengan sensor kapasitif dengan menggunakan rangkaian RC CMOS 4049 ditunjukkan dalam Tabel I, Tabel II, Tabel III dan Tabel IV. Tabel I sampai Tabel III menunjukkan hasil perhitungan nilai kapasitor kopi hasil roasting dan Tabel IV menunjukkan hasil perhitungan nilai permivitas relatif kopi dampit setelah dilakukan roasting. Untuk model pengujian ditampilkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9. Gambar 7 untuk pengujian dengan biji kopi dampit light, Gambar 8 untuk pengujian dengan biji kopi dampit medium, dan Gambar 9 untuk pengujian dengan biji kopi dampir dark. Sedangkan untuk posisi alat yang dibuat ditampilkan pada Gambar 6.



Figure 6. Alat pengukuran tanpa kopi dampit



Figure 7. Pengujian untuk biji kopi dampit light

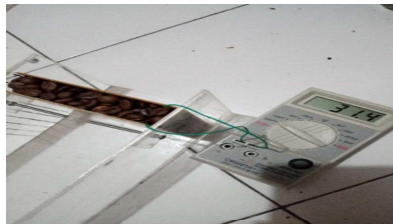


Figure 8. Pengujian untuk kopi dampit medium

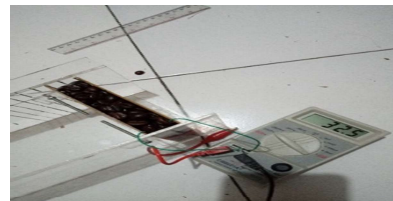


Figure 9. Pengujian biji kopi dampit dark

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SENSOR KAPASITIF DENGAN JARAK ANTARA PLAT 2 CM

Pengujian	Frekuensi output Sensor (KHz)		
	dark	medium	light
1	178	154	131
2	179	153	130
3	180	155	132
4	176	154	133
5	177	152	131
6	181	156	132
7	175	155	131
8	178	153	130
9	179	154	129
10	176	156	133
Rata-Rata	177,9	154,2	131,2

Pada pengujian dilakukan dengan menguji 3 kondisi kopi dampit yaitu *dark*, *medium* dan *light*. Ketiga jenis ini diambil berdasarkan warna dari kopi yang hitam pekat, agak hitam dan putih. Dari Tabel I sampai dengan Tabel IV, didapatkan bahwa nilai frekuensi output tertinggi menggunakan sistem *oscillator* RC selalu dimiliki oleh jenis *dark*. Hal ini dikarenakan berdasarkan penelitian sebelumnya tentang pengujian frekuensi pada biji kopi menyatakan bahwa semakin pekat dan tebal lapisan biji kopi, maka menghasilkan frekuensi yang semakin tinggi pula. Dan berlaku sebaliknya jika kulitnya semakin dan bewarna kurang pekat.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN SENSOR KAPASITIF DENGAN JARAK ANTARA PLAT 3 CM

Pengujian	Frekuensi output Sensor (KHz)		
	<i>dark</i>	<i>medium</i>	<i>light</i>
1	231	204	178
2	233	205	177
3	230	206	176
4	231	203	179
5	231	203	180
6	232	204	179
7	234	206	178
8	230	205	177
9	230	203	179
10	229	204	178
Rata-Rata	231,1	204,3	178,1

TABEL III
HASIL PENGUJIAN SENSOR KAPASITIF DENGAN JARAK ANTARA PLAT 4 CM

Pengujian	Frekuensi output Sensor (KHz)		
	<i>dark</i>	<i>medium</i>	<i>light</i>
1	272	238	206
2	271	239	207
3	273	240	207
4	274	238	208
5	271	237	205
6	270	236	207
7	273	239	206
8	272	238	208
9	273	239	206
10	271	239	205
Rata-Rata	272	238,3	206,5

Untuk model pengujian bisa dilihat jelas pada Gambar 4 dimana digunakan multimeter yang mampu mengukur nilai hambatan untuk dihitung secara matematis yang tertulis pada metode di atas. Setelah pengukuran dilakukan dengan 3 jarak

yang berbeda maka dilakukan perhitungan nilai permivitas relative kopi dampit setelah dilakukan *roasting* menggunakan penggorengan biji kopi. Dari hasil pengujian yang tertulis pada Tabel IV dapat dilihat untuk biji kopi dampit dengan jenis *dark* memiliki nilai permivitas paling kecil disusul dengan *medium* kemudian *light*.

TABEL IV
NILAI PERMITIVITAS RELATIF KOPI DAMPIT SETELAH DILAKUKAN ROASTING

Jarak (cm)	Nilai Permittivitas Relatif		
	<i>dark</i>	<i>medium</i>	<i>light</i>
2	9,07	10,47	12,3
3	10,48	11,85	13,59
4	11,87	13,55	15,63
Rata-rata	10,92	12,46	14,4

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Kopi dampit dengan *roasting* ‘*dark*’ memiliki frekuensi yang paling besar dibandingkan dengan jenis yang lain. Kopi dampit dengan *roasting* ‘*dark*’ memiliki nilai kapasitif yang paling besar dibandingkan dengan jenis yang lain. Kopi dampit dengan *roasting* ‘*dark*’ memiliki nilai permittivitas relatif yang paling kecil dibandingkan dengan jenis yang lain. Peningkatan jarak plat menyebabkan *output* frekuensi meningkat, nilai kapasitif menurun, dan nilai permittivitas relatif meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan untuk Penelitan DIPA Reguler Politeknik Negeri Malang.

REFERENSI

- [1] Bambang Prastowo et al. *Budidaya dan Pasca Panen KOPI*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan 2010.
- [2] Ferry, Y., Supriadi, H. and Ibrahim, M. S. D. *Teknologi Budi Daya Tanaman Kopi Aplikasi Pada Perkebunan Rakyat*. Indonesian Agency For Agricultural Research And Development (Iaard) Press 2015.
- [3] Hasbullah, U. H. A. et al. *Perubahan Karakteristik Fisik Biji Kopi Yang Ditambahkan Sorbitol Selama Penyangraian*, Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian, 2(2), pp. 173–182. doi: 10.26877/jiphp.v2i2.32018.
- [4] Hidayati, L. F., Setiari, Y. and Hakim, H. M. A. (*Kopi Citarasa Kopi Luwak Tanpa Menggunakan Luwak*) in e-proceeding PIMNAS PKM-P 2013.
- [5] K, J. N. W., Lumbanbatu, J. and Rahayo, S. *Pengaruh Suhu Dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta*, in Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA, pp. 217–225. 2009
- [6] Lazuardi, U., Setiadi, R. N. and Donny, S. *Sensor Kapasitif Sederhana Untuk Mengukur Tingkat*

- Kelembaban Gabah Padi Berbasis Pengukuran Dielektrik*. EKSAKTA, 2, pp. 1–8. 2018
- [7] Malvino, A. and Bates, D. *Electronic principles, Automotive Science and Mathematics*. McGraw-Hill. DOI: 10.4324/9780080560892-18. 2016
- [8] Orduña, A. D. et al. *Development and Performance Evaluation of Moisture Range System for Green Coffee Grains*, *Cogent Food & Agriculture*. Cogent, 2(1), pp. 1–7. DOI: 10.1080/23311932.2016.1210067. 2016
- [9] Savero, E., Soelistianto, F. A. and Hudiono. *Uji Kualitas Kadar Air Benih Jagung Dengan Metode Kapasitif*. Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Teknik Elektro, JARTEL, 7(2), pp. 68–73. 2018
- [10] Umar, L. et al. *Pengembangan Sensor Kapasitif Pelat Silinder untuk Mengukur Tingkat Kelembaban Gabah Padi*, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 07(01), pp. 1–8. 2017.
- [11] L. N. Rohmah, H. Nugroho, and K. Wardani, “Rancang Bangun Modul Pembelajaran *Oscillator*”, 2018.
- [12] Junaidi and Y. D. Prabowo, "Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino", 2018.
- [13] D. A. Rahmawati, “Penerapan Fuzzy Logic Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi” 2015.
- [14] Pambudi, Nur Sukma. *Estimasi Permeabilitas Relatif pada Media Berpori Menggunakan Free Energy–Lattice Boltzmann Method*. Universitas Padjadjaran. 2020.
- [15] W, Marcellinus Putra. *Analisis Permeabilitas Relatif Pada Sumur Z di Pertamina PHE TEJ*. Pertamina University. 2020.