

Rancang Bangun Dielektrik Meter untuk Proses Pencucian Biodiesel

Author:
Rahmawati

Afiliation:
Politeknik Negeri
Lhokseumawe – Aceh -
Indonesia

Corresponding email
rahmawati.gunawan@gmail.com

Histori Naskah:
Submit: 2023-08-03
Accepted: 2023-08-10
Published: 2023-08-11



*This is an Creative Commons
License This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License*

Abstrak:

Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi trigliserida (minyak nabati) dengan metanol (reaktan) untuk menghasilkan fatty acid methyl ester (FAME). Proses pemurnian meliputi pencucian dan evaporasi. Pengamatan proses pemisahan dilakukan secara manual melalui visual. Pengamatan visual oleh operator dapat digantikan dengan sensor kapasitif berdasarkan perbedaan nilai dielektrik bahan. Hal ini dapat dilakukan karena adanya perbedaan yang besar antara dielektrik air (80) dan dielektrik biodiesel (3-5). Tujuan utama dari penelitian ini menghasilkan dielektrik meter yang diaplikasikan pada proses pencucian biodiesel. Metode yang diterapkan adalah membuat rangkaian real time monitoring berbasis sensor dielektrik dan mikrokontroler untuk proses pemisahan air dari biodiesel. Sensor menghasilkan tegangan keluaran berbanding linear dengan kapasitansi dengan persamaan $S = -0.26s +$ Dielektrik meter menggunakan sensor kapasitif untuk mengukur nilai kapasitansi dan mikrokontroler Arduino Mega digunakan sebagai pengolah data masukan dari sensor. Konstanta dielektrik (ϵ_r) biodiesel murni sebesar 4.42. Biodiesel yang dicampur air kemudian didiamkan memiliki nilai ϵ_r sebesar 17.3 pada menit ke nol dan 9.6 pada menit ke enam puluh. Dielektrik meter diaplikasikan untuk pengukuran konstanta dielektrik biodiesel pada proses pemurnian biodiesel. Hasil pengukuran prototipe telah divalidasi dengan LCR meter menunjukkan alat memiliki akurasi pengukuran yang tinggi yaitu sebesar 98 %.

Kata kunci: Biodiesel; Dielektrik; Kapasitansi; Mikrokontroler

Pendahuluan

Bahan bakar pengganti solar yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan disebut biodiesel. Biodiesel pengganti solar diproduksi melalui reaksi transesterifikasi atau alkoholisis antara trigliserida (minyak nabati) dengan metanol (reaktan) untuk menghasilkan fatty acid methyl ester (FAME). FAME dikenal dengan nama biodiesel dan gliserol. Pemisahan biodiesel dan gliserol menghasilkan biodiesel yang disebut dengan biodiesel kotor. Perhatian utama dalam produksi biodiesel adalah proses hilir, yang memastikan kualitas produk saat digunakan sebagai bahan bakar nabati. Biodiesel kotor melalui proses pemurnian untuk menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan agar dapat memenuhi persyaratan standar kualitas biodiesel. Proses pemurnian dilakukan dengan proses pencucian dan evaporasi. Salah satu metode pencucian biodiesel adalah pencucian basah (wet washing). Metode pencucian basah dengan cara mencampurkan biodiesel kotor dan aquadest hangat (60 °C) yang telah ditambahkan dengan sedikit larutan asam asetat dilakukan secara berulang sampai pH sisa air cucian menjadi 6 – 8. Air dan biodiesel dicampur dan diaduk sehingga campuran tersebut homogen, setelah itu dibiarkan hingga terbentuk dua lapisan biodiesel dan air. Biodiesel berada pada lapisan atas dan air berada pada lapisan bawah mengikat sisa-sisa kotoran. Keuntungan dari pencucian basah adalah metode yang sangat sederhana dan efektif untuk memurnikan biodiesel, penghilangan gliserol dan metanol yang sangat efektif (Chozhavendhan et al., 2020). Selanjutnya kedua lapisan tersebut dipisahkan untuk mengambil biodiesel dengan proses

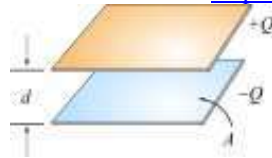
pengendapan (settling). Pengamatan proses pemisahan dilakukan manual secara visual operator untuk mengoperasikan buka tutup katup pengeluaran air cuci. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan sensor dielektrik sebagai pengganti pengamatan visual oleh operator. Sensor dielektrik untuk memastikan biodiesel telah terpisah dengan air pada proses pemisahan biodiesel setelah proses pencucian. Hal ini dapat dilakukan karena adanya perbedaan yang besar antara dielektrik air sebesar 80 dan dielektrik biodiesel pada range 3-5. Sensor kapasitif untuk mengukur nilai dielektrik biodiesel relatif tidak mahal. Keuntungan lain adalah bahwa data yang diperoleh dari penggunaan teknik ini memungkinkan penentuan konstanta dielektrik, resistivitas, dan waktu atau frekuensi relaksasi yang dekat. Sifat-sifat ini telah terbukti cukup sensitif terhadap karakteristik internal bahan bakar seperti biodiesel dan/atau solar, termasuk pemantauan proses produksi biofuel dan evaluasi kualitas produk akhir (Diniz Carvalho et al., 2016).

Komponen sensor diintegrasikan dengan mikrokontroler dan dapat berfungsi untuk pemantauan dielektrik biodiesel secara real time. Penggunaan sensor untuk pengamatan proses pemisahan dapat dilanjutkan dengan sistem kendali buka tutup valve secara otomatis yang dapat memudahkan tugas operator. Penggunaan sensor ini dapat memungkinkan pemantauan secara *real time* pada proses pemisahan dan kendali valve untuk pembuangan air sisa pencucian biodiesel. Real time monitoring pada proses pencucian biodiesel berbasis sensor dielektrik layak diterapkan pada industri kecil karena kesederhanaan teknologi yang digunakan.

Studi Literatur

Proses pemurnian dilakukan setelah proses pemisahan, biodiesel kotor dinetralisasi dengan menambahkan asam mineral (asidifikasi) untuk membantu menghilangkan sabun, dan mengurangi konsumsi air pada proses pencucian air. Kemampuan FAME menyerap air lebih tinggi dibandingkan bahan bakar petroleum diesel, sehingga sangat penting untuk dehidrasi FAME selama produksi dan meminimalisasi potensial terbentuknya air selama blending atau distribusi. Tujuan utama pemurnian biodiesel untuk menghilangkan gliserol, sabun, kelebihan alkohol, dan sisa katalis untuk mendapatkan biodiesel yang memenuhi kriteria dijadikan bahan bakar agar memenuhi persyaratan standar. Berdasarkan kesederhanaan dan keefektifan proses dalam memenuhi standar spesifikasi, maka dalam penelitian ini proses pencucian yang diterapkan menggunakan metode pencucian basah. Metode pencucian basah sangat efektif dalam menghilangkan zat pengotor berupa gliserol, metanol, garam dan sabun karena zat pengotor tersebut larut dalam air. Pencucian menggunakan air panas mengakibatkan pengotor-pengotor akan terikat pada air, sehingga air cucian menjadi keruh. Pencucian dilakukan berulang-ulang sampai mencapai pH netral dengan pengukuran menggunakan pH meter, pengukuran sisa sabun dan katalis menggunakan metode analytical berdasarkan titrasi biodiesel.

Prediksi kandungan FAME menggunakan pengukuran dielektrik sangat dimungkinkan karena memiliki sifat yang berbeda pada setiap komponen asam lemak polar. Prediksi karakteristik biodiesel berdasarkan sifat permitivitasnya dapat membantu memperkirakan kualitas dan mensimulasikan proses produksi (Rahmawati et al., 2017). Hal ini menjadi dasar untuk membedakan komposisi air dan biodiesel untuk diterapkan pada pemisahan air dan biodiesel. Aplikasi sensor kapasitif sebagai alat monitoring secara real time pada pemisahan biodiesel pada proses pencucian biodiesel. Pengukuran konstanta dielektrik berdasarkan nilai kapasitor dua pelat sejajar, masing-masing memiliki luas permukaan A, dipisahkan oleh jarak d (tanpa bahan di antara pelat). Ketika tegangan V diterapkan ke kapasitor, maka kapasitor menyimpan muatan Q. Kapasitansi bergantung pada A dan d dengan mempertimbangkan karakteristik gaya Coulomb pada kapasitor plat sejajar (Gambar 1).



Gambar 1. Kapasitor plat sejajar

Semakin besar pelat, semakin banyak muatan yang dapat disimpan karena muatan itu dapat menyebar lebih banyak. Dengan demikian C meningkat untuk A yang lebih besar. Demikian pula, semakin dekat jarak pelat, semakin besar daya tarik dari muatan yang berlawanan. Jadi nilai C lebih besar untuk nilai d yang lebih kecil. Dapat ditunjukkan bahwa untuk kapasitor pelat sejajar hanya ada dua faktor (A dan d) yang mempengaruhi kapasitansi C (Rizza & Handono, 2018). Kapasitansi kapasitor pelat sejajar dalam bentuk persamaan diberikan oleh persamaan dielektrik (Persamaan 1):

$$K = \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$\epsilon_r = \frac{C d}{\epsilon_0 A} \quad (1)$$

Keterangan:

- ϵ : Permittivity (Farad/meter (F/m))
- ϵ_0 : Permittivitas vakum (8.85×10^{-12} F/m)
- $K (\epsilon_r)$: Konstanta dielektrik (tanpa satuan)
- A : Luas plat konduktor (m^2)
- d : Jarak antara dua plat sejajar (m)
- C : Kapasitansi (Farad)

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah board Arduino yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital masukan/keluaran, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai keluaran PWM, 16 buah masukan analog, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16 MHz. Untuk penggunaan relatif sederhana dengan menghubungkan power dari USB ke PC/Laptop atau melalui jack DC menggunakan adaptor 7-12 V DC. Mega Arduino dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Keluaran dari rangkaian kapasitansi meter diumpankan ke konverter analog ke digital (ADC) di dalam mikrokontroler. Rangkaian power supply (sumber tegangan) 5 volt ditambahkan sebagai sumber daya mikrokontroler.

Untuk mendapatkan nilai waktu konstanta, menggunakan analog input Arduino untuk mengukur output tegangan dari kapasitor yang akan diukur, ketika proses mengisi kapasitor maka timer pada Arduino akan menghitung waktu dalam satuan mikro detik. Arduino menggunakan 10 bit ADC, sehingga tegangan 5V akan diubah menjadi 1024, sedangkan 0V akan diubah menjadi 0. Timer akan berhenti ketika input ADC Arduino telah mencapai 63.2% dari 1024, yaitu 648, sehingga didapat nilai waktu konstanta (Dzaky Hilmy Asfe, Marzuarman, 2020; Hoque et al., 2019). Dengan menggunakan resistor yang telah diketahui nilainya. Persamaan 2 untuk menentukan nilai C dan rangkaian untuk menentukan nilai C ditunjukkan pada Gambar 4.

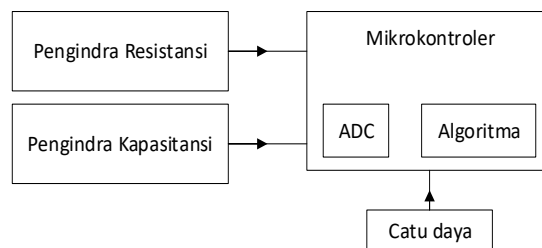
$$C = \frac{\tau}{R} \quad (2)$$

Dimana C merupakan nilai kapasitor (Farad), τ adalah Time Constant (Detik), dan R adalah nilai tahanan yang digunakan pada rangkaian (Ω).

Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam membuat dielektrik meter berbasis sensor kapasitif dan mikrokontroler. Alat ukur yang telah dirancang dan diimplementasikan untuk mengukur konstanta dielektrik biodiesel menggunakan Teknik kapasitor plat sejajar. Teknik ini melakukan pengukuran konstanta dielektrik ketika sampel biodiesel dimasukkan di antara dua pelat (Jafari et al., 2020). Sensor kapasitif digunakan mengukur dielektrik air dan biodiesel pada proses pemisahan air dan biodiesel.

Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan prinsip pengisian dan pengosongan kapasitor menggunakan perangkat mikrokontroler Arduino. Proses pengisian dan pengosongan dilakukan dengan menggunakan susunan seri rangkaian resistor-kapasitor (RC) dengan tegangan sumber 5 Volt. Pada eksperimen ini telah digunakan sebuah plat sejajar dengan ukuran 4×4 cm sebagai elektroda kapasitor. Teknik pengukuran kapasitansi dengan menggunakan konsep pengisian kapasitor pada rangkaian RC-series (Djarmiko, 2019; Wijayono & Putra, 2020). Rangkaian terdiri dari dua rangkaian pengukur yaitu pengukur resistansi, dan pengukur kapasitansi. Keluaran dari rangkaian diumpungkan ke konverter analog ke digital (ADC) di dalam mikrokontroler. Rangkaian *power supply* (sumber tegangan) 5 Volt ditambahkan sebagai sumber daya mikrokontroler. Untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan mikrokontroler, sebuah osilator kristal eksternal frekuensi 16 MHz digunakan. Blok diagram RC meter menggunakan rangkaian RC dan mikrokontroler ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram RC meter

Sensor kapasitansi diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Mega yang berfungsi sebagai pengolah data merubah data sensor menjadi data digital (*Analog to Digital Converter*). Karena konstanta dielektrik adalah fungsi kapasitansi, maka kapasitansi bahan yang diuji diukur terlebih dahulu dan kemudian nilai kapasitansi diumpungkan ke mikrokontroler untuk menentukan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik yang diukur telah dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dengan alat ukur LCR meter.

Permitivitas atau sifat dielektrik digambarkan sebagai suatu permitivitas relative kompleks yang merupakan nilai pembagi antara permitivitas absolut dengan permitivitas ruang hampa ditunjukkan pada Persamaan 1.

Penelitian ini terdiri dari 4 tahapan.

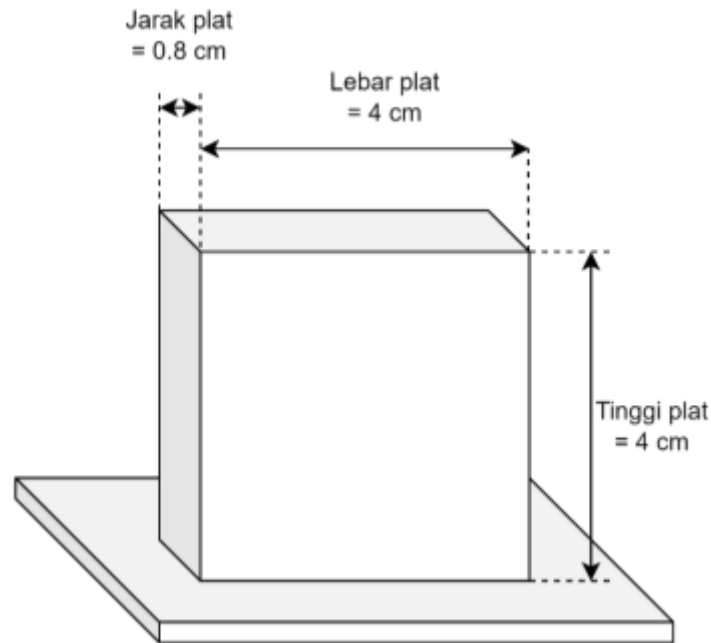
1. Tahap pertama adalah perancangan dan pembuatan alat pengukur kapasitor
2. Tahap kedua adalah pengujian dan kalibrasi alat pengukur kapasitas dan rangkaian RC.
3. Tahap ketiga adalah pengukuran terhadap bahan yang akan diteliti
4. Tahap ke empat adalah menganalisa sifat fisik bahan yang akan diukur sebagai data pembanding.

Pengujian dan kalibrasi alat:

1. Mengukur tegangan output pada kapasitor jenis polyester yang mempunyai nilai kapasitas 4.7 pF, 022 pF, 100 pF, 220 pF dan 470 pF.

2. Kalibrasi merupakan penentuan variabel yang menggambarkan Fungsi alih secara keseluruhan meliputi sensor, transmitter, dan analog to digital converter (ADC).

Pada penelitian ini, sebuah sensor konstanta dielektrik untuk bahan cair berdasarkan struktur wadah kubik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

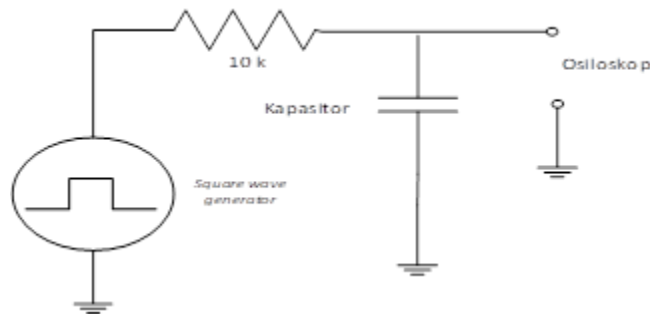


Gambar 3. Struktur wadah kubik sensor dielektrik untuk bahan cair

Hasil

Perancangan dan Implementasi Sensor Kapasitif

Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik. Nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan. Sensor diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Rangkaian sensor terdiri dari dua plat sejajar dari printed circuit board (PCB). Rangkaian dielektrik meter adalah integrasi sensor kapasitif dan mikrokontroler digunakan untuk mengukur konstanta dielektrik biodiesel pada proses pemurnian biodiesel. Dalam sistem ini kapasitansi bahan diukur menggunakan rangkaian RC. Set up pengukuran tegangan keluaran sensor menggunakan kapasitor pada berbagai nilai kapasitansi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran tegangan pada kapasitor

Kapasitansi terukur dibagi dengan kapasitansi vakum untuk menghitung konstanta dielektrik zat padat [3]. Gambar 1 adalah diagram blok dari sistem. Proses kalibrasi digunakan untuk menghasilkan rumus konstanta dielektrik pada sensor yang digunakan dan dimasukkan pada program Arduino. Rancang bangun sensor dielektrik pemantauan proses pemurnian biodiesel menggunakan efek kapasitansi untuk mengenali bahan dengan menganggap bahan tersebut adalah dielektrik pada kapasitor. Karakteristik sensor menunjukkan seberapa baik kinerja sensor dalam mengukur sinyal masukan. Karakteristik sensor meliputi fungsi alih, kalibrasi, jangkauan pengukuran dan kepekaan.

a. Fungsi alih

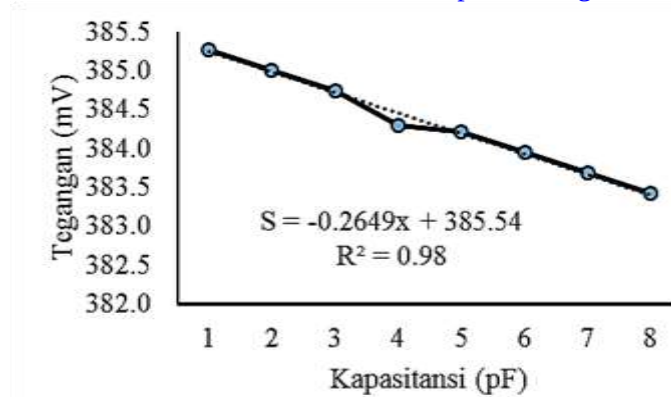
Fungsi alih menyatakan hubungan antara sinyal masukan dengan keluaran dari sensor dapat berbentuk persamaan linear atau persamaan nonlinear. Secara umum persamaan linear dinyatakan oleh Persamaan 2.

$$S=a+bs \quad (2)$$

S adalah keluaran sensor, s adalah sinyal masukan sensor, a merupakan keluaran sensor saat sinyal masuk nol (intercept), dan b adalah kemiringan (slope) atau disebut juga sensitivity (kepekaan). Pengukuran masukan dan keluaran sensor dilakukan untuk mendapatkan kurva standar tegangan keluaran terhadap perubahan kapasitansi. Hasil pengukuran tegangan pada kapasitor ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 5.

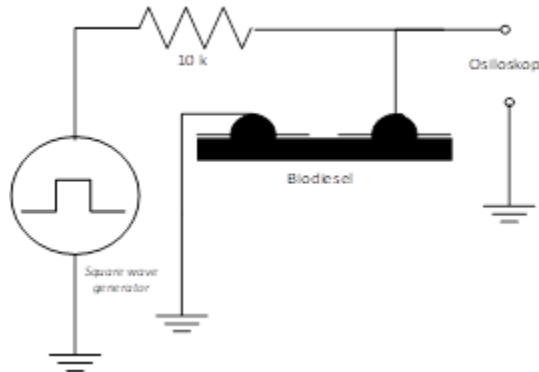
Tabel 1. Nilai kapasitansi dan tegangan

Kapasitansi (pF)	Tegangan (mV)
4.7	399
22	385
100	350
220	330
470	235



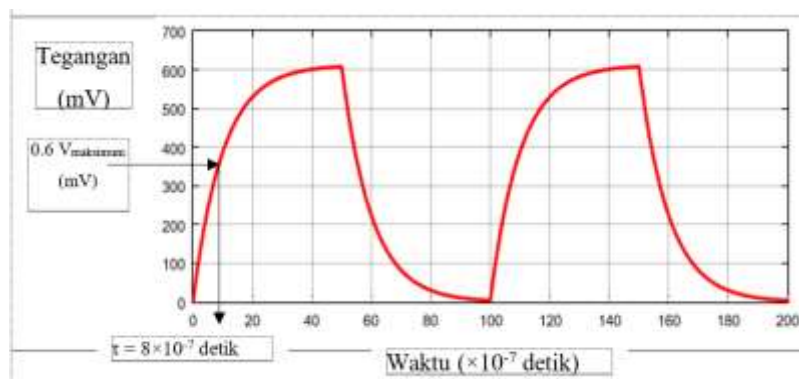
Gambar 5. Kurva standar tegangan terhadap perubahan konstanta dielektrik

Selanjutnya posisi kapasitor diganti dengan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 6. Tujuan pengukuran ini untuk menentukan nilai dielektrik biodiesel.



Gambar 6. Pengukuran tegangan pada biodiesel

Secara umum, osilator relaksasi menyediakan rangkaian umpan balik untuk memberi umpan beberapa sinyal keluaran ke pin masukan yang merupakan jaringan RC. Gambar 7 menunjukkan osilasi diri dari osilator relaksasi. Ketika output berlogika tinggi, ambang atas tegangan membatasi tegangan muatan dari kapasitor kemudian mengalihkan output ke logika rendah. Ketika output berlogika rendah, akan membatasi tegangan pelepasan tegangan kemudian mengalihkan output ke logika tinggi lagi (Gasosoth et al., 2019). Keluaran sensor dielektrik berupa nilai tegangan (Gambar 7) diubah menjadi kapasitansi (Persamaan 3). Konstanta dielektrik dihitung berdasarkan nilai kapasitansi.



Gambar 7. Pengukuran tegangan sensor dielektrik biodiesel

Perhitungan konstanta dielektrik biodiesel (Gambar 7):

$V_{\text{maksimum}} = 607 \text{ mV}$, capaian waktu pada $0.6 V_{\text{maksimum}}$ disebut dengan *time constant* (τ) = 8×10^{-7} detik.

$$\tau = R \times C$$

Time constant pada $0.6 V_{\text{max}}$ (τ):

$$\tau = 8 \times 10^{-7} \text{ detik}$$

$$R = 10 \text{ k ohm}$$

$$\text{maka } C_{\text{biodiesel}} = \frac{\tau}{R} = \frac{8 \times 10^{-7}}{10 \times 10^3} = 80 \times 10^{-12} \text{ Farad} \quad (3)$$

Plat yang digunakan untuk sensor dielektrik adalah PCB polos berbahan tembaga dengan geometri sensor: $A = 0,0016 \text{ m}^2$; $d = 0.008 \text{ m}$. Persamaan 4 digunakan untuk menghitung konstanta dielektrik.

$$\epsilon_r = \frac{C}{\epsilon_0} \frac{d}{A} \quad (4)$$

Dengan menerapkan Persamaan 4 berdasarkan nilai kapasitansi dan geometri sensor, maka permitivitas relatif (konstanta dielektrik ϵ_r) biodiesel sebesar 4.42. Nilai konstanta dielektrik sebesar 2,2 untuk diesel dan 3,3 untuk biodiesel pada suhu kamar (Souza et al., 2013). Perbedaan nilai ini diduga karena biodiesel yang digunakan dalam penelitian kandungan airnya lebih besar.

b. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan penentuan variabel yang menggambarkan Fungsi alih secara keseluruhan meliputi sensor, *transmitter*, dan *analog to digital converter* (ADC). Rangkaian pengondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran dari sensor menjadi tegangan 0-5V agar dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. Tegangan referensi mikrokontroler Arduino yaitu 5 volt dan masukan analog pada arduino merupakan cacahan dari 0 hingga 1 023. Artinya, 0 berarti 0 volt, 1 023 berarti 5 volt. Sehingga mikrokontroler arduino memiliki kemampuan mencacah hingga 1024 (0 hingga 1023), artinya setiap cacahan memiliki nilai $5/1024 = 0.004883 \text{ volt} = 4.883 \text{ mV}$.

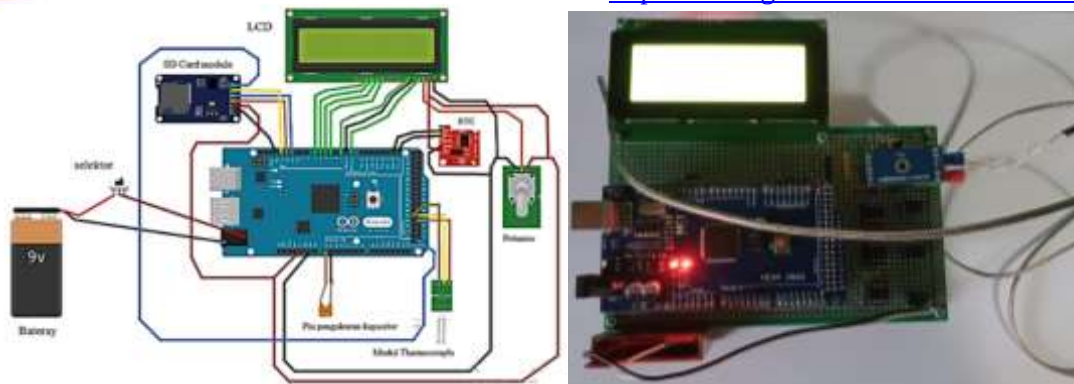
c. Jangkauan Pengukuran (*Span*)

Jangkauan pengukuran sensor dielektrik adalah 1 pF - 1000 pF. Tegangan yang dihasilkan pada kapasitansi 1 pF sebesar 399.53 mV dan pada kapasitansi 1000 pF sebesar 133 mV.

d. Sensitivity (Kepekaan)

Kepekaan dinyatakan dengan perbandingan perubahan keluaran sensor terhadap perubahan masukannya. Pada fungsi alih linear pada Persamaan 2, kepekaan sensor adalah 0.26 mV/pF dengan nilai negatif. Pengujian beberapa nilai kapasitansi terhadap tegangan keluaran menunjukkan bahwa nilai kapasitansi semakin besar menghasilkan tegangan keluaran semakin kecil. Tegangan keluaran sensor saat sinyal masukan nol adalah 385.54 mV.

Implementasi pada bagian perangkat keras secara keseluruhan membuat rangkaian untuk membaca kapasitansi, impedansi dan dielektrik. Sensor dielektrik diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino disebut dielektrik meter biodiesel ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Dielektrik meter biodiesel berbasis mikrokontroler

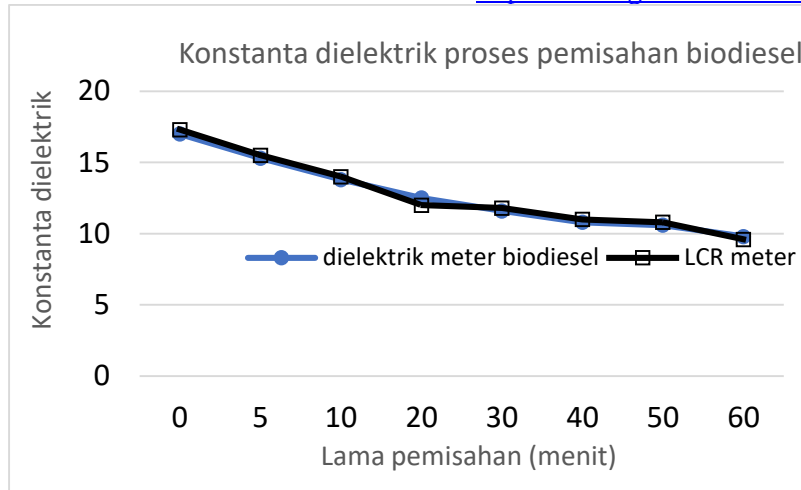
Hasil pembacaan sensor disimpan pada memory *SD Card module*. Hasil perekaman yaitu keluaran dari sistem ditampilkan menggunakan LCD. Prototipe pemantauan dielektrik biodiesel menggunakan mikrokontroler Arduino Mega yang diimplementasikan menggunakan *real time clock* (RTC). Arduino Mega bertugas sebagai pusat pengendali kerja perangkat lain dan pusat pemrosesan data pada sistem. Proses akusisi data pada dielektrik meliputi pembacaan konstanta dielektrik biodiesel. Metode yang digunakan adalah dengan menerapkan proses charging dan discharging kapasitor. Dalam hal ini Arduino mengaktifkan timer untuk mengukur waktu yang diperlukan untuk mengisi dan mengosongkan kapasitor sehingga diperoleh nilai Time Constant. Dengan menggunakan rumus $T = 0,693RC$, nilai kapasitansi dapat diperoleh (Hardiyanto et al., 2022). RTC merupakan komponen yang diperlukan untuk memberikan informasi mengenai waktu yang dapat berupa detik, menit, hari, bulan dan tahun. Penggunaan RTC untuk mewujudkan sistem berjalan secara real time.

Pengujian Sensor Kapasitif pada proses pemisahan biodiesel

Pengukuran dilakukan dengan cara pengambilan sampel biodiesel (1 liter) dan diukur nilai dielektriknya. Selanjutnya pencucian biodiesel dengan cara dicampur air hangat sebanyak 30% (0,3 liter), diaduk sampai merata dan diukur dielektrik biodiesel yang telah dicampur air. Kemudian didiamkan agar terjadi pemisahan biodiesel dan air. Setelah pemisahan air berada di bagian bawah dan biodiesel berada pada bagian atas. Nilai dielektrik diukur selama enam puluh menit proses pemisahan, di mana sampel biodiesel yang diambil adalah bagian atas. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2 dan grafik Gambar 9.

Tabel 2. Pengukuran kapasitansi pemisahan biodiesel dan air

No	waktu (menit)	Konstanta dielektrik		Error (%)
		dielektrik meter biodiesel	LCR meter	
1	0	17,0	17,3	1,76
2	5	15,3	15,5	1,56
3	10	13,8	14,0	1,63
4	20	12,5	12,0	4,33
5	30	11,6	11,8	2,04
6	40	10,8	11,0	1,41
7	50	10,6	10,8	2,28
8	60	9,8	9,6	1,60
Rata-rata error (%)				2,1



Gambar 9. Pengukuran konstanta dielektrik proses pemisahan biodiesel

Pembahasan

Pengukuran sensor Kapasitif

Berdasarkan pengukuran, sensor menghasilkan tegangan keluaran berbanding linear dengan kapasitansi ditunjukkan pada Persamaan 3.

$$S = -0.2649 s + 385.54 \quad (3)$$

Pada persamaan tersebut s adalah kapasitansi yang diterima sensor (pF), dan S adalah sinyal keluaran sensor berupa tegangan (dalam mV). Fungsi alih tegangan terhadap perubahan konstanta dielektrik menginformasikan bahwa sensor ini mengkonversi setiap perubahan kapasitansi sebesar 1 pF menjadi perubahan tegangan sebesar kira-kira 0.26 mV.

Pengukuran dielektrik memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan metode pengukuran lainnya. Selain cepat juga tidak merusak sifat, relatif sederhana, dan penggunaan tingkat daya yang rendah. Sensor kapasitif adalah perangkat yang karakteristik fisiknya menentukan nilai kapasitansi. Nilai kapasitansi berubah ketika ada perubahan jarak pemisahan antara pelat (d) atau perubahan luas permukaan sensor (A), dan atau ketika ada perubahan elemen dielektrik (ϵ_r bahan yang diukur) antara pelat. Kapasitansi berkaitan dengan kapasitas penyimpanan energi listrik antara pelat kapasitor ketika diberikan tegangan potensial. Ketika luas permukaan sensor dan jarak antara pelat konstan maka evaluasi nilai kapasitansi memungkinkan untuk mengkarakterisasi elemen dielektrik yang disimpan di antara pelat. Perilaku elemen dielektrik dapat berubah pada suhu, tekanan dan kelembaban (Kuchler et al., 2020). Peningkatan permitivitas berbanding lurus dengan kandungan pengotor menunjukkan kandungan polar yang lebih tinggi dalam biodiesel.

Konstanta dielektrik pada proses pemisahan biodiesel

Proses pemisahan antara biodiesel dan air (kapasitas 1 liter) dilakukan selama 1 jam, hingga secara visual dapat dilihat bahwa biodiesel dan air telah terpisah. Nilai kapasitansi selama proses pemisahan bertambah kecil. Hal ini karena sensor kapasitif menunjukkan kandungan air dan pengotor lainnya pada biodiesel telah berkurang dari kondisi awal. Semakin lama pengendapan maka kandungan air berkurang sehingga nilai konstanta dielektrik semakin kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan kapasitansi air lebih

besar dari minyak (Sanjaya et al., 2018) di mana nilai kapasitansi berbanding lurus dengan konstanta dielektrik. Pengukuran prototipe dibandingkan dengan alat ukur standar (LCR meter) menunjukkan keberhasilan dielektrik meter biodiesel mengukur nilai kapasitansi sebesar 98%.

Sensor konstanta dielektrik bahan cair berbasis struktur wadah kubik dapat diterapkan pengukuran konstanta dielektrik cair dengan menggunakan rangkaian RC. Medan listrik pada struktur bidang disebarkan pada dinding samping struktur wadah kubus (Hao et al., 2020). Dibandingkan dengan perangkat pasar lainnya, sensor yang diusulkan dapat mencapai akurasi tinggi dengan biaya lebih rendah. Untuk selanjutnya dapat dilakukan pengujian nilai dielektrik berdasarkan suhu, karena suhu mempengaruhi nilai kapasitansi dan akan disempurnakan dengan learning machine.

Kesimpulan

Prototipe dielektrik meter biodiesel dibangun dengan mengintegrasikan sensor dielektrik dan mikrokontroler. Prototipe ini diaplikasikan untuk pengukuran konstanta dielektrik biodiesel pada proses pemisahan biodiesel. Konstanta dielektrik (ϵ_r) biodiesel murni sebesar 4.42. Biodiesel yang dicampur air kemudian didiamkan memiliki nilai ϵ_r sebesar 17.3 pada menit ke nol dan 9.6 pada menit ke enam puluh. Hasil pengukuran prototipe telah divalidasi dengan LCR meter menunjukkan alat memiliki akurasi pengukuran yang tinggi yaitu sebesar 98 %.

Referensi

- Chozhavendhan, S., Vijay Pradhap Singh, M., Fransila, B., Praveen Kumar, R., & Karthiga Devi, G. (2020). A review on influencing parameters of biodiesel production and purification processes. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 1–2(April), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2020.04.002>
- Diniz Carvalho, C., Barros, A. K., Lopes, M. V., Silva, F. C., Santana, E. E., & Sinfrônio, F. S. M. (2016). Determination of the composition of biodiesel-diesel blends using the dielectric constant. *Instrumentation Science and Technology*, 44(4), 377–385. <https://doi.org/10.1080/10739149.2015.1131714>
- Djarmiko, W. (2019). Capacitance Measurements System Using RC Circuit. *KnE Social Sciences*, 3(12), 603. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i12.4131>
- Dzaky Hilmy Asfe, Marzuarman, S. A. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur LCR Meter Berbasis Arduino Uno. *Rancang Bangun Alat Ukur LCR Meter Berbasis Arduino Uno*, 45–53. <http://eprosiding.snit-polbeng.org/index.php/snit/article/view/116>
- Gasosoth, T., Lianghiranthaworn, T., & Unai, S. (2019). A period-based measurement for grounding capacitance meter with arduino using a relaxation oscillator. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012074>
- Hao, H., Wang, D., Wang, Z., Yin, B., & Ruan, W. (2020). Design of a high sensitivity microwave sensor for liquid dielectric constant measurement. *Sensors (Switzerland)*, 20(19), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s20195598>
- Hardiyanto, D., Endramawan, P., Manan, R. N. T., & Sartika, D. A. (2022). Arduino Implementation for Development Digital Capacitance Meters as Laboratory Measurement Devices. *Sinkron*, 7(3), 784–790. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v7i3.11456>
- Hoque, M. M., Motakabber, S. M. A., Ibrahimy, M. I., Alam, A. H. M. Z., & Akter, M. (2019). An Arduino Microcontroller Based RLC Meter. *Proceedings of the 2019 IEEE Regional Symposium on Micro and Nanoelectronics, RSM 2019*, 137–140. <https://doi.org/10.1109/RSM46715.2019.8943573>
- Jafari, M., Chegini, G., Rezaeealam, B., & Shaygani Akmal, A. A. (2020). Experimental determination of the dielectric constant of wheat grain and cluster straw in different moisture contents. *Food Science*

- and Nutrition, 8(1), 629–635. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1350>
- Kuchler, F., Farber, R., & Franck, C. M. (2020). Humidity and Temperature Effects on the Dielectric Properties of PET Film. *2020 IEEE Electrical Insulation Conference, EIC 2020*, 179–183. <https://doi.org/10.1109/EIC47619.2020.9158681>
- Rahmawati, Djatna, T., Noor, E., & Irzaman. (2017). An identification and characterization of biodiesel fatty acid based by using dielectric sensor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012004>
- Rizza, H., & Handono, S. (2018). Aplikasi Kapasitansi Meter Disertai Sistem Data Logger Berbasis Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Pisang. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 3(2), 1–5.
- Sanjaya, W. S. M., Roziqin, A., Anggraeni, D., Munawwaroh, M., Dewi, S. F., Kurniasih, L., Saadah, T., & Nurasyidiek, M. Y. S. (2018). Portable electronic capacitance meter using resonance method for lard capacitance measurement. *Proceedings - 2018 3rd International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2018*, 16–21. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE.2018.8720949>
- Souza, J. E. De, Scherer, M. D., Cáceres, J. A. S., Caires, A. R. L., & Peko, J. M. (2013). A close dielectric spectroscopic analysis of diesel / biodiesel blends and potential dielectric approaches for biodiesel content assessment. *Fuel*, 105, 705–710. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.09.032>
- Wijayono, A., & Putra, V. G. V. (2020). Pengukuran Permittivitas Dielektrik Bahan Kain Non Woven Menggunakan Kapasitansi Meter Arduino Uno Dan Prinsip Kerja Kapasitor Plat Sejajar. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(3), 109. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i3.55797>