

## Pengembangan Sensor Kapasitif Berbasis Perubahan Fasa untuk Mengukur Kadar Air dalam Biodiesel

### *Development of Phase Shift-Based Capacitive Sensors to Measure Water Content in Biodiesel*

Okti Choirunnisak<sup>a\*</sup>, Aditya Eka Mulyono<sup>b</sup>, Yuwana Pradana<sup>b</sup>, Ratno Nuryadi<sup>a,b</sup>  
<sup>a</sup>STKIP Sinar Cendekia, Jl. Lengkong Gudang Timur, No. 10, Serpong, Tangerang Selatan, 15321  
<sup>b</sup>Pusat Teknologi Material, Bdan Riset dan Inovasi Nasional, Puspiptek Gedung 224, Tangerang Selatan, Banten, 15314

\*Surel: oktichoironnisa@stkipsinarcendekia.ac.id

---

#### INFO ARTIKEL

Diterima 28 Desember 2021  
Direvisi 30 Desember 2021  
Disetujui 31 Desember 2021  
Nomor Artikel 202104  
Halaman 31 - 37

---

#### Kata kunci:

Biodiesel  
Kadar Air  
Optimasi  
Pergeseran Fasa  
Sensor Kapasitif

#### Abstract

*This paper presents the development of a phase shift-based capacitive sensor to measure the water concentration in biodiesel. After the capacitance detection circuit is made, optimization of signal conditioning is carried out both in terms of values of the electronic components and the applied voltage. The test is carried out by measuring the output of the XOR (Exclusive-OR) gate. The square signal, which is output of XOR gate correspond to phase value which indicates the presence of water in the biodiesel due to changes in the dielectric constant. Next, optimal condition for measurement are used for experiments to determine water content in biodiesel. As result, the optimized sensor system is able to monitor the water content in biodiesel sample at a low concentration range.*

**Keywords:** *Biodiesel, Moisture Content, Optimization, Phase Shift, Capacitive Sensor.*

#### Abstrak

Pada makalah ini dipresentasikan pengembangan sensor kapasitif berbasis perubahan fasa untuk mengukur konsentrasi air di dalam biodiesel. Setelah rangkaian deteksi kapasitansi dibuat, optimasi pengkondisian sinyal dilakukan baik dari sisi besaran komponen yang digunakan, maupun besarnya tegangan yang diberikan. Ujicoba dilakukan dengan mengukur nilai output yang dikeluarkan oleh gerbang XOR (*Exclusive-OR*). Sinyal kotak hasil konversi gerbang XOR yang menunjukkan keberadaan air dalam biodiesel. Selanjutnya kondisi pengukuran yang telah optimal dipakai untuk percobaan mengukur kadar air dalam biodiesel. Hasilnya sistem sensor yang telah dioptimasi mampu membaca kadar air dalam biodiesel pada rentang konsentrasi rendah.

## **PENDAHULUAN**

Peningkatan pengguna B20 sebagai bahan bakar kendaraan dan mesin yang ramah lingkungan, membuat Pemerintah Indonesia kembali menjalankan program Mandatori untuk meningkatkan konsentrasi bahan bakar menjadi 30% atau disebut sebagai B30. Bahan bakar ini telah diuji coba dan berhasil memberikan efek positif pada peningkatan kualitas kinerja dan aman bagi mesin kendaraan juga industri, serta menurunkan emisi sehingga baik bagi lingkungan [1, 2, 3, 4, 5]. Namun, dalam pemanfaatannya, biodiesel sebagai bahan bakar nabati perlu dikontrol dan ditingkatkan kualitasnya sehingga memenuhi spesifikasi perdagangan dan aman untuk diaplikasikan pada kendaraan dalam jangka waktu yang lama. Kualitas biodiesel dapat dilihat dari karakteristik fisik dan komposisi kimianya. Salah satunya adalah kandungan air. Air yang terkandung dalam biodiesel umumnya berasal dari kondisi lingkungan pada serangkaian proses produksi, pengolahan, penyimpanan hingga distribusi [6]. Menurut Standar EN dan EAS-ERIA Kandungan air dalam biodiesel harus lebih rendah dari 500 mg/kg [8, 9]. Sedangkan di Indonesia, kadar air dalam biodiesel yang diperbolehkan adalah minimal 350 ppm [10].

Biodiesel merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kutub sehingga bersifat higroskopis. Sifat inilah yang membuatnya mudah menyerap air, termasuk air yang terkandung dalam udara lingkungan. Peningkatan kadar air dalam biodiesel mencapai 1.000 mg/kg selama penyimpanan. Keberadaan air mengontaminasi dan menyebabkan hidrolisis bahan bakar dan korosi pada tangki, pipa, dan mesin serta pertumbuhan biologis yang menyumbat filter dan saluran bahan bakar [6, 7].

Secara umum, industri bahan bakar minyak menggunakan metode klasik seperti distilasi, sentrifugasi dan metode klasik lain untuk menentukan kadar air didalamnya. Akan tetapi, metode ini seringkali memerlukan prosedur panjang dan biaya relatif besar dikarenakan penggunaan peralatan dan perlengkapan yang kompleks. Akhir-akhir ini ditemukan pemanfaatan teknologi alternatif dalam pengukuran kadar air dalam minyak dengan resolusi dan validitas hasil pengukuran tinggi, seperti spektrofotometri dan sensor kapasitansi. Sensor kapasitansi pernah digunakan untuk mengukur kandungan air dalam minyak mentah, salah satunya adalah yang dilakukan oleh Lim Yee Ling (2014), tetapi teknik ini belum pernah digunakan untuk mengukur kandungan air dalam biodiesel. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan deteksi kandungan air dalam biodiesel dengan menggunakan sensor kapasitansi.

Secara umum telah diketahui, sensor kapasitif adalah perangkat monitoring non-kontak yang mampu melakukan pengukuran resolusi tinggi. Sensor kapasitansi yang paling sederhana memiliki dua pelat konduktor yang diantara dua pelat tersebut terdapat bahan

bersifat isolasi atau dikenal bahan dielektrik. Nilai kapasitansi bergantung pada bahan dielektrik yang ditempatkan diantara pelat yang menjadi parameter yang diukur. Semakin besar nilai permitivitas bahan dielektrik antara pelat, maka semakin besar kapasitansinya. Selain itu, kapasitansi juga dipengaruhi oleh luas area permukaan pelat dan jarak antar kedua pelat. Sebelumnya, terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan keberhasilan pengukuran kelembaban tanah dengan memanfaatkan sensor kapasitif semi-silinder dengan linieritas dan sensitivitas yang baik pada kisaran variasi kapasitansi nano-farad (nF) [11] juga pada pengujian kelembaban kayu bakar dengan teknik sensor kapasitif tomografi [12].

Untuk mengukur kadar air yang sangat rendah dalam biodiesel, sistem sensor harus dapat mendeteksi perubahan nilai kapasitansi yang sangat kecil. Ada dua metode pengukuran dalam sensor kapasitansi, yaitu pengukuran perubahan amplitudo [13] dan pengukuran perubahan fasa sinyal [14, 15]. Pengukuran perubahan fasa yang mencerminkan perubahan kapasitansi mewakili jumlah air dalam biodiesel diindikasikan lebih sensitif dibandingkan metode pengukuran berdasarkan perubahan amplitudo [14].

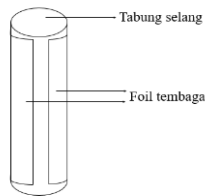
Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, peneliti melakukan penelitian pada sistem sensor kapasitif berbasis perubahan fasa agar dapat digunakan untuk mengukur kadar air dalam biodiesel dengan optimal dan menjadikannya sebagai kebaruan dalam riset ini.

## **METODE PERCOBAAN**

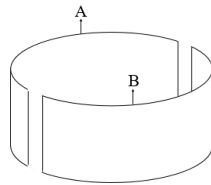
Penelitian ini menggunakan bahan-bahan seperti: Biodiesel B30 murni, air biasa, selang akuarium, dan foil tembaga yang dapat dibeli di toko-toko bahan terkait.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari hardware dan software. Hardware yang digunakan meliputi OWON MSO8202T Mixed Signal Oscilloscope Logic Analyzer 200 MHz 2ch Gsa/s 2M 7.8' untuk melakukan analisis logika dalam mengoptimalkan sinyal tegangan listrik; pompa air untuk mengalirkan sampel dari wadah menuju silinder sensor kapasitif; Rangkaian Sistem Sensor Kapasitif untuk mengubah sinyal tegangan menjadi sinyal fasa yang mudah dibaca; *power supply* 1 (untuk menjalankan fungsi rangkaian sistem sensor); *power supply* 2 - GW INSTEK GPD-2303S- (untuk menjalankan pompa air); dan motor pengaduk sampel biodiesel untuk menghomogenkan sampel selama eksperimen berlangsung. Sedangkan *software*-nya menggunakan Microsoft Excel dan Capacitive Sensor-Real Time untuk menerima data berupa sinyal fasa yang dikirim dari rangkaian sistem sensor kapasitif; serta Origin Pro 8.5 digunakan untuk mengolah data yang telah disortir menjadi grafik sehingga memudahkan peneliti dalam menganalisis hasilnya.

Penelitian ini mengembangkan sistem sensor kapasitif yang digunakan untuk mengukur kadar air dalam biodiesel didasarkan pada metode konversi sudut fasa. Kapasitas dirancang dengan memanfaatkan selang dan foil tembaga yang berfungsi sebagai dua elektroda. Foil tembaga dipasang pada kedua sisi selang, sehingga menciptakan kapasitor dengan dua pelat konduktor paralel yang dipisahkan oleh bahan isolasi atau dielektrik, dalam hal ini adalah sampel biodiesel. Sensor kapasitif semi-silinder dirancang dan dibangun dari dua pelat tembaga dengan ketebalan, panjang, dan lebar yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Setiap pelat yang telah dibengkokkan membentuk satu pelat semi silinder yang dipasang vertikal pada dinding luar wadah bersifat konduktif menggunakan perekat seperti pada gambar 1. Dua pelat silinder dipisahkan dengan diberi jarak.

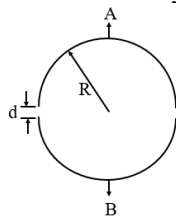


Gambar 1. Struktur sensor kapasitif semi silinder dengan bahan dielektrik



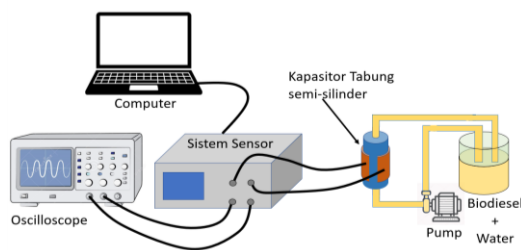
Gambar 2. Struktur sensor kapasitif semi-silinder tanpa bahan dielektrik

Pada gambar 2, bahan dielektriknya adalah udara, sehingga konstanta dielektrik  $\epsilon_1$  sama dengan 1. Gambar 3 menampilkan sensor kapasitif semi silinder tanpa bahan dielektrik dari sudut pandang atas. Kedua pelat logam semi silinder memiliki jari-jari  $R$  dan jarak celah minimum antara keduanya adalah  $d$ .



Gambar 3. Penampang atas dari struktur sensor kapasitif tanpa bahan dielektrik

Oleh karena itu, sensor kapasitif bergantung pada permitivitas bahan dielektrik antara dua elektroda. Lengkapnya seperti terlihat pada Gambar berikut:



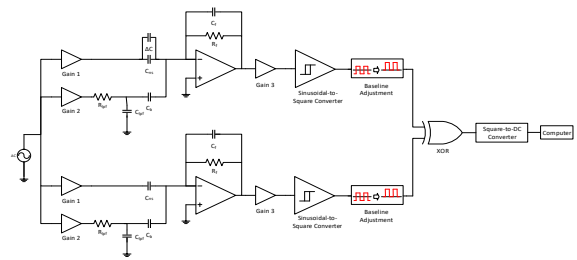
Gambar 4. Ilustrasi pengukuran kadar air dalam biodiesel dengan sensor kapasitif

Sensor terdiri dari dua pelat logam yang dipasang vertikal pada sisi luar pipa dengan diameter 8 mm. Jarak celah 1 mm memisahkan satu sama lain. Memiliki ketebalan, panjang, dan lebar berturut-turut adalah 0,1 mm; 80 mm; dan 11 mm. Biodiesel dengan konsentrasi tertentu pertama kali dimasukkan ke dalam gelas beaker, kemudian dipompa ke dalam pipa menuju area dielektrik rangkaian sensor kapasitif, sampel dikembalikan ke dalam gelas beaker semula. Proses ini berlangsung hingga data yang terbaca cukup mewakili untuk dianalisis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

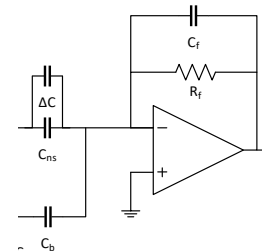
### Perhitungan Nilai Kapasitansi $\Delta C$

Dalam penelitian ini, sistem sensor kapasitif berdasarkan konversi sudut fasa digunakan untuk pengukuran kadar air dalam biodiesel dengan resolusi tinggi. Rangkaian pengukuran dan simulasi rangkaian antarmuka menunjukkan sistem penginderaan kapasitif yang berfungsi sebagaimana mestinya. Gambar 5 menunjukkan diagram skema dari rangkaian antarmuka.



Gambar 5. Diagram Skema Rangkaian Antarmuka

Sebelum itu pemahaman yang menyeluruh tentang cara kerja rangkaian dan nilai parameter untuk rangkaian telah ditentukan.



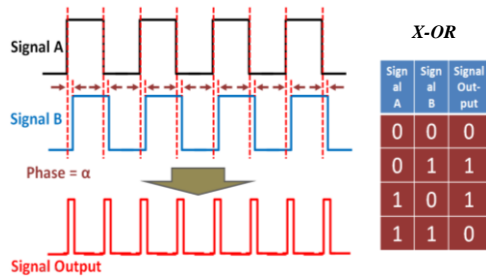
Gambar 6. Rangkaian konversi kapasitansi ke fasa

$C_{ns}$ , lebih jelas pada gambar 6 merepresentasikan nilai kapasitansi sampel biodiesel terukur sedangkan  $C_b$  adalah nilai kapasitansi sampel biodiesel murni yang berfungsi sebagai acuan. Oleh karena itu, nilai  $C_b$  dijaga agar tetap konstan. Dengan meningkatnya nilai  $C_{ns}$ , artinya terdapat peningkatan kadar air dalam biodiesel, gelombang yang dihasilkan akan mengalami pergeseran fasa yang lebih besar. Ini menghasilkan perbedaan fase yang lebih besar dan ini tercermin dari lebar pulsa yang dihasilkan oleh

gerbang XOR. Jika keluaran gerbang XOR menampilkan garis lurus tanpa adanya lebar pulsa, hal ini menandakan sampel biodiesel terukur memiliki kadar air nol karena tidak ada perbedaan fasa bila dibandingkan dengan nilai referensi.



Gambar 7. Simbol gerbang logika XOR

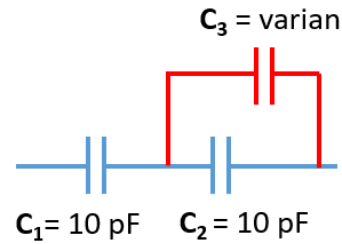


Gambar 8. Tabel Kebenaran gerbang XOR

Simulasi rangkaian antarmuka dilakukan untuk membuktikannya dengan menggunakan nilai kapasitansi yang berbeda. Simulasi dimulai dengan nilai kapasitansi 5pF untuk  $C_{ns}$  dan  $C_b$ . Selanjutnya nilai parameter  $C_{ns}$  ditingkatkan secara bertahap dalam rentang piko farad. Perubahan nilai kapasitansi dilambangkan sebagai  $\Delta C$ . Hal ini menunjukkan rangkaian antarmuka mampu mendeteksi perubahan nilai kapasitansi yang sangat kecil yang merepresentasikan kadar air yang sangat rendah dalam biodiesel. Oleh karena itu, ini memadai untuk pengukuran resolusi tinggi. Dengan memvariasikan nilai kapasitansi  $C_{ns}$ , keluaran dari gerbang XOR diamati untuk melihat lebar pulsa yang dihasilkan.

Sensor merupakan komponen elektronika yang mampu memberi perubahan output besaran listrik dari perubahan fisik yang diterima. Stimulus sensor ialah entitas atau besaran listrik yang mempengaruhi output sensor. Sensor bekerja dengan cara mengubah entitas menjadi besaran listrik. Suatu sensor akan memberi perubahan output apabila sensor tersebut menerima perubahan besaran fisik (stimulus) yang sesuai dengan jenis sensor tersebut. Komposisi sambungan kapasitor yang berada dalam rangkaian alat adalah dua rangkaian seri dengan nilai kapasitansinya adalah masing-masing 10 pF. Selain itu terdapat kapasitor di luar rangkaian yang berfungsi untuk mengubah entitas menjadi besaran listrik. Rangkaian kapasitor di dalam alat dengan yang di luar membentuk rangkaian paralel yang menunjukkan bukan nilai kapasitansi sesungguhnya. Rangkaian pada gambar 9 di bawah ini menunjukkan adanya penambahan kapasitansi oleh kapasitor di luar rangkaian. Rangkaian ini merupakan perbesaran dari rangkaian  $C_{ns}$  dan  $\Delta C$  pada gambar 6, dimana  $C_1+C_2 = C_{ns}$ , dan  $C_3$  adalah  $\Delta C$ . Garis biru menunjukkan rangkaian kapasitor seri dan garis me-

rah merupakan rangkaian kapasitor paralel yang berada di luar rangkaian.



Gambar 9. Potongan Kapasitor Seri dan Paralel yang mewakili  $C_{ns}$  dan  $\Delta C$  pada gambar 6

Perhitungan nilai  $\Delta C$  fisik setelah ditambah dengan kapasitansi oleh kapasitor diluar rangkaian dengan rumus dibawah ini :

- 1) Mencari nilai kapasitansi pada rangkaian seri

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{2}{10}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{5}$$

$$C_{\Sigma} = 5 \dots (1)$$

Jadi, nilai kapasitansi sebelum ditambah dengan kapasitansi pada rangkaian di luar alat adalah 5 pF.

- 2) Mencari nilai kapasitansi setelah ditambah dengan kapasitansi pada rangkaian di luar alat dengan C varian : 0 pF, 1 pF, 3 pF, 5 pF, 7 pF, 10 pF.

$$C_{total} = C_2 + C_3$$

$$= 10 + 5$$

$$= 15 \text{ pF}$$

Kapasitansi seluruh rangkaian, misal ambil  $C_3 = 10 \text{ pF}$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_{tot}}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{3+2}{30}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{5}{30}$$

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{5}{30}$$

$$C_{\Sigma} = 6 \dots (2)$$

Perubahan nilai kapasitansi (fisik/stimulus)

$$\Delta C_{real} = C_{\Sigma 2} - C_{\Sigma 1}$$

$$\Delta C_{real} = 6 - 5$$

$$\Delta C_{real} = 1$$

Dari rumus tersebut, perhitungan kapasitor yang ada dalam rangkaian (seri) dengan kapasitansi yang ditambahkan di luar rangkaian menghasilkan  $\Delta C_{real}$  yang terangkum dalam tabel berikut :

**Tabel 1.** Variasi nilai kapasitansi Cns setelah ditambah kapasitansi oleh rangkaian paralel

C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>seri</sub>	C <sub>ns</sub>	C <sub>total</sub>	Sesudah Konversi	$\Delta C_{real}$
10	10	5	0	10	5	0
10	10	5	1	11	5,238	0,238
10	10	5	3	13	5,652	0,652
10	10	5	5	15	6	1
10	10	5	7	17	6,296	1,296
10	10	5	10	20	6,667	1,667

### Pengukuran Kadar Air dalam Biodiesel

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui perilaku dari rangkaian alat sensor kapasitansi saat dilakukan pengukuran kadar air dalam biodiesel dengan berbagai varian konsentrasi air. Pengukuran kadar air dalam biodiesel jenis B30 dilakukan 2 kali. Masing-masing pengukuran dilakukan pada varian konsentrasi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Tindakan keselamatan harus dilakukan saat melakukan percobaan karena sifat biodiesel yang mudah terbakar. Sampel biodiesel tidak boleh terkena suhu tinggi dan disimpan dalam wadah tertutup saat tidak digunakan.

Sinyal diatur dengan besar tegangan yang sesuai dengan hasil optimasi yang telah dijelaskan pada poin 4.1 hingga poin 4.4, yaitu:

Titik G1 (A & B) = 25 Volt

Titik G2 (C & D) = 13 Volt

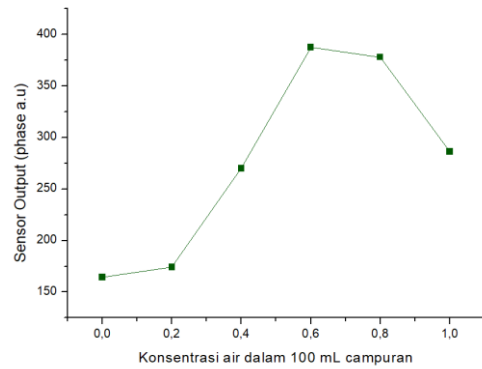
Titik G3&G4 (E&F) = 8 Volt

Baseline Titik G5&G6 (G&H) = 0

Sehingga diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 2.** Percobaan 1-nilai keluaran sensor terhadap kadar air dalam biodiesel

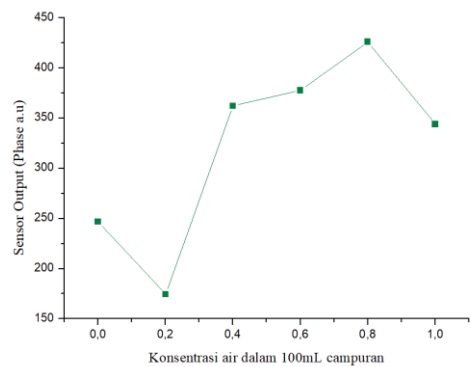
Presentase	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Rata-rata	164,5	174,3	269,9	387,4	377,9	286,2



**Gambar 10.** Grafik nilai keluaran sensor dari sampel pada percobaan 1

**Tabel 3.** Percobaan 2-nilai keluaran sensor terhadap kadar air dalam biodiesel

Presentase	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Rata-rata	246,8	174,4	362,2	377,7	426,2	344,0



**Gambar 11.** Grafik nilai keluaran sensor dari sampel pada percobaan 2

Saat sensor diisi dengan sampel biodiesel murni atau 0% air, nilai output yang dikeluarkan rendah karena pergeseran fasa yang terjadi tidak signifikan sehingga tidak terlihat. Pergeseran fasa dapat dilihat ketika sampel biodiesel diganti dengan sampel yang telah dicampur 20% air. Air memiliki konstanta dielektrik yang jauh lebih tinggi daripada biodiesel yang menyebabkan perubahan kapasitansi yang besar saat melalui sensor kapasitif. Tabel di bawah ini menunjukkan perbedaan konstanta dielektrik dari air dan beberapa minyak nabati.

**Tabel 4.** Perbedaan nilai konstanta dielektrik antara air dan beberapa minyak nabati

No.	Bahan	Fasa	Konstanta Dielektrik
1	Air, H <sub>2</sub> O	Liquid, 20°C	80,4
2	Palm Oil (kelapa sawit)	Liquid, 28°C	3,2
3	Coconut Oil (kelapa)	-	3,254
4	Olive Oil (zaitun)	-	3,252
5	Castor Oil (jarak)	-	4,478

Oleh karena itu, pergeseran fasa semakin besar ketika konsentrasi air semakin tinggi yang menyebabkan grafiknya semakin tinggi. Berdasarkan hasil percobaan, rangkaian dengan kondisi sinyal yang optimal mampu dengan baik merespon ketika diuji dengan sampel biodiesel karena terdapat perbedaan fasa ketika nilai kapasitansi berubah. Ini menegaskan fungsionalitas rangkaian antarmuka dan sensor kapasitansi saat diuji dengan sampel biodiesel asli.

Pada percobaan pertama hasilnya ditunjukkan melalui gambar 10, nilai fasa yang berbeda secara signifikan antara satu konsentrasi dengan konsentrasi yang lain. Terlihat dengan jelas dari konsentrasi air 0% hingga 60% terdapat perubahan fasa yang signifikan. Hal ini mengindikasikan semakin tinggi nilai output maka konsentrasi air dalam sampel juga semakin tinggi. Namun penurunan nilai fasa terjadi pada saat konsentrasi 60% hingga 100%. Sedangkan saat percobaan kedua terlihat pada gambar 11, terdapat perbedaan dengan hasil pada percobaan pertama. Terjadi penurunan nilai fasa dari konsentrasi 0% ke 20%. Dari konsentrasi 20% hingga 80% terjadi kenaikan yang signifikan sehingga sesuai dengan bertambahnya konsentrasi air dalam sampel. Kemudian kembali menunjukkan penurunan nilai fasa pada konsentrasi 80% ke 100%.

Menurunnya nilai fasa dikarenakan terlalu tingginya konsentrasi air dalam sampel biodiesel. Hal ini sesuai dengan pola kurva sinus yang apabila nilai fasa sudah mencapai puncak dari grafik sinus, maka nilai fasa akan berkurang yang menyebabkan grafiknya menurun pada konsentrasi tertentu. Selain itu, Ling menyebutkan bahwa pengukuran dengan teknik sensor kapasitif diperuntukkan bagi pengukuran dengan tingkat konsentrasi yang rendah, sehingga alat ini kurang mampu mentolerir keberadaan air yang terlalu tinggi [14].

Apabila diperhatikan, grafik meningkat hanya pada rentang empat varian konsentrasi secara berturut-turut, yaitu konsentrasi 0-60% pada percobaan pertama dan 20-80% pada percobaan kedua. Adanya perbedaan antara percobaan pertama dan kedua dikarenakan sampel yang digunakan adalah sampel yang sama. Pada saat percobaan pertama sampel dimasukkan kedalam motor pengaduk dan selang melalui sensor kapasitif dalam kondisi bebas kontaminan sesuai dengan formula awal, sedangkan pada percobaan kedua telah mengalami kontaminasi diakibatkan telah bercampurnya sampel-sampel pada saat percobaan pertama sehingga nilai fasa yang dikeluarkan tidak sama.

Hasil yang diperoleh merupakan hasil dengan nilai tegangan yang dikonfirmasi awal sebelum dilakukan penghitungan ulang. Sehingga, terdapat kemungkinan apabila percobaan dilakukan lagi menggunakan tegangan optimum setelah penghitungan ulang akan terdapat perbedaan data yang penulis belum bisa ketahui secara pasti.

## **KESIMPULAN**

Penentuan kadar air dalam biodiesel sangat penting untuk dilakukan dalam proses produksi, penyimpanan, distribusi, hingga tangan konsumen. Pengujian mampu menunjukkan prediksi sehingga dapat dilakukan evaluasi kualitas dan kinerjanya terhadap mesin. Untuk mengetahui bahwa instrumen/alat penguji biodieselnnya dapat bekerja dengan baik dan valid maka dilakukan optimasi dengan mengkondisikan sinyal pengukuran. Pengujian alat dilakukan dengan menggunakan sampel 6 varian kadar air dalam biodiesel yang dihomogenkan. Data menunjukkan keluaran sensor naik ketika kadar air dalam biodiesel meningkat, tetapi masih perlu dilakukan optimasi pengukuran karena fluktuasi data. Dapat disimpulkan bahwa rangkaian sensor kapasitif berbasis perubahan fasa dapat berfungsi dengan cukup baik sebagai alat untuk mengukur kadar air dalam biodiesel.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terimakasih kepada STKIP Sinar Cendekia, dan pihak-pihak lain yang turut berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] EBTKE, H. "FAQ: Program Mandatori Biodiesel 30% (B30)", <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/12/19/2434/faq.program.mandatori.biodiesel.30.b30>, Januari 2020
- [2] Bhikuning, A., 2014. "Analisa Performa Mesin dengan Biodiesel Terbuat dari Virgin Coconut Oil pada Mesin Diesel." *J. Energi Dan Manufaktur*. Vol. 6, page: 123–128.
- [3] Hansdah, D., Murugan, S., Das, L.M., 2013. "Experimental studies on a DI diesel engine fueled with bioethanol-diesel emulsions." *Alexandria Eng. J.* Vol. 52, page: 267–276. Available: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.06.001>
- [4] Mahfud, 2018. "Perkembangan Bahan Baku & Teknologi Biodiesel." *Putra Media Nusantara*.

- [5] Singh, M., Sandhu, S.S., 2015. "Performance and emission characteristics of an indirect injection (IDI) multi-cylinder compression ignition (CI) engine using diesel/Argemone maxicana bio-diesel blends." *RSC Adv.* Vol. 5, page: 91069–91081. Available: <https://doi.org/10.1039/c5ra10506d>
- [6] Inagaki, S., Numata, M., Kitamaki, Y., Hanari, N., Iwasawa, R., 2016. Characterization of water content in biodiesel fuel certified reference material (NMIJ CRM 8302-a). *Accredit. Qual. Assur.* 21, 361–366. <https://doi.org/10.1007/s00769-016-1230-z>
- [7] Fregolente, P.B.L., Wolf Maciel, M.R., Oliveira, L.S., 2015. "Removal of water content from bio-diesel and diesel fuel using hydrogel adsorbents." *Brazilian J. Chem. Eng.* Vol. 32, page: 895–901. Available: <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20150324s20140142>
- [8] British Standard Institution, 2010. "Bs En 14214:2008+a1:2009 Automotive fuels — Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines — Requirements and test methods." *Br. Stand. Inst.* Vol. 22.
- [9] Shinichi Goto, Oguma, M., Chollacoop, N., 2010. "Current Status of Biodiesel Fuel in East-Asia and ASEAN countries." *EAS-ERIA Biodiesel Fuel Trade Handb.* Page: 96–169.
- [10] EBTKE, K. "Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri", <https://ebtke.esdm.go.id>, Januari, 2020.
- [11] Das, S., Sarkar, T.S., Chakraborty, B., 2014. "A Semi-Cylindrical Capacitive Sensor Used for Soil Moisture Measurement 8." Page: 160–165.
- [12] Margo, C., Lucas, J., Ditchi, T., Géron, E., Holé, S., Lewiner, J., 2011. "Wood-chip water content capacitance with tomography sensor". Page: 2–7.
- [13] Islam, T., 2017. "Advanced interfacing techniques for the capacitive sensors." *Smart Sensors, Meas. Instrum.* Vol. 25, page: 73–109. Available: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55369-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55369-6_2)
- [14] Ling, L.Y. "Development of A Capacitance Sensor System to Measure Ultra-Low Water Content in Crude Oil." *Bachelor Eng., Technology Petronas University, Malaysia*, 2014.
- [15] Majid, H.A., Razali, N., Sulaiman, M.S., A'ain, A.K., 2009. "A Capacitive Sensor Interface Circuit Based on Phase Differential Method." *World Acad. Sci. Eng. Technol.* Vol. 31, page: 626–629.