

ANALISIS SENSOR KAPASITIF PELAT SEJAJAR PADA APLIKASINYA SEBAGAI DETEKSI ZAT SATU FASA DAN MULTI FASA

Fahmi Muhammad Rabbani^{1,*}, Elvan Yuniarti¹, Mahfudz Al-Huda²

¹Program Studi S1 Fisika FST, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

²Ctech Edward Labs Technology, Technology Business Incubation Center

*E-mail korespondensi: fahmimuhabbani@gmail.com

ABSTRACT

This study uses a pipe/tube-shaped plate capacitive sensor to measure single-phase and multiphase substances to analyze linearity, frequency range, and sensitivity testing. The distance and area of the sensor electrode plate are held constant that and can be viewed from the dielectric material and experimental material. The material or dielectric medium in parallel plate capacitors is a phase consisting of air, aquades, and vegetable oils. Whereas multiphase substances are a combination of air volume, aquades, and vegetable oil. The best linearity analysis results are 0.9467 for aquades + 0.1% NaCl samples and the worst 0.564 for tap-water in layer 1 and the best linearity value is 0.966 for aquades + 0.1% NaCl samples and the most poor 0.5658 is on tap-water at layer 2. The optimal frequency range is at intervals of 500 kHz to 12.5 MHz and the smallest sensitivity test is 500 kHz and the greatest sensitivity is at 12.5 MHz.

Keywords: Capacitive sensor, Single-phase, Multi-phase, Dielectric

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan sensor kapasitif pelat sejajar berbentuk pipa/tabung untuk melakukan pengukuran zat satu fasa dan multi fasa untuk menganalisa pengujian kelinieran, jangkauan frekuensi, dan sensitivitas. Jarak dan luas pelat elektroda sensor dalam keadaan konstan maka penentuan dapat ditinjau dari materi dielektriknya dan juga sebagai bahan eksperimen. Bahan atau medium yang digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor pelat sejajar adalah satu fasa yang terdiri dari udara, aquades, dan minyak nabati. Sedangkan zat multi fasa adalah kombinasi volume udara, aquades, dan minyak nabati. Hasil analisa uji linieritas paling baik adalah 0,9467 untuk sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water pada layer 1 dan nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water pada layer 2. Berikutnya jangkauan frekuensi optimal pada interval 500 kHz hingga 12,5 MHz dan uji sensitivitas paling kecil adalah 500 kHz dan sensitivitas yang besar adalah pada frekuensi 12,5 MHz.

Kata kunci: Sensor kapasitif, Satu fasa, Multi fasa, Dielektrik

Diterima 22-02-2020 / Disetujui 04-05-2020 / Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Zat multi fasa merupakan kumpulan beberapa material yang simultan dengan fase termodinamika. Tipe-tipe zat multi fasa yang terjadi adalah campuran cair-gas, gas-padat, dan cair-padat [1]. Secara aplikasi industri banyak ditemui salah satunya pada transportasi minyak bumi di dalam pipa. Pada penerapan zat multi fasa diukur dengan sensor kapasitansi

sangat efektif dibandingkan dengan penggunaan metode pengukuran lainnya karena dapat digunakan untuk mendeteksi siapapun tanpa mengganggu seluruh proses (*non-destructive testing*) [2].

Kapasitor merupakan instrument pasif yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Hal itu disebabkan karena adanya dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh sebuah

ruang/bahan. Kapasitansi merupakan sebuah ukuran kemampuan kapasitor menyimpan muatan dimana bentuk dan ukuran pelat konduktor sangat mempengaruhi nilainya. Selain itu penentuan nilai kapasitif terukur secara umum juga bergantung pada permitivitas bahan, geometri, dan jarak materi dielektrik [3]. Sehingga dapat dituliskan dengan persamaan:

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

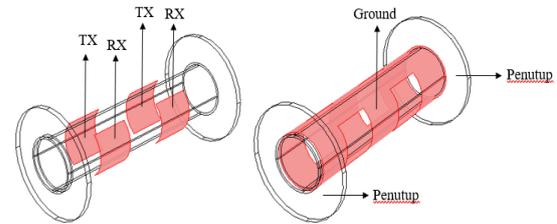
dimana C adalah nilai kapasitansi (farad), κ adalah permivitas relative dielektrik, A adalah luas penampang, dan d = jarak antara pelat.

Sifat sensor kapasitif dalam pengukuran dapat ditinjau dari beberapa sisi, jika luas pelat elektroda dan dielektriknya konstan maka nilai kapasitif dapat ditentukan dengan jarak antara pelat elektroda. Jika jarak dan dielektriknya konstan maka penentuan ditentukan oleh luas permukaan kedua lempeng elektroda. Jika luas elektroda dan jarak elektroda konstan maka peninjauan dapat dilihat dari perubahan dielektriknya. Dalam penelitian eksperimen ini jarak dan luas pelat elektroda keadaan konstan maka penentuan dapat ditinjau dari materi dielektriknya. Sifat ini disesuaikan dengan persamaan (1).

Eksperimen ini menggunakan metode kapasitif dengan sumber tegangan sinus 10 V yang berfungsi sebagai tegangan masukan terhadap reaktansi kapasitansi yang dipengaruhi oleh materi dielektrik untuk menentukan besar tegangan keluaran yang dihasilkan. Kemudian dianalisa untuk menentukan frekuensi yang kecil dan besar. Medium yang digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor pelat sejajar adalah satu fasa yang terdiri dari udara, aquades, dan minyak nabati. Sedangkan zat multi fasa adalah kombinasi volume udara, aquades, dan minyak nabati. Data tegangan keluaran bisa dijadikan data pola perubahan kapasitif terhadap perubahan variabel frekuensi sebab nilai muatan dan tegangan *transmitter* dianggap konstan, sehingga tegangan yang terukur pada

receiver berbanding lurus dengan nilai kapasitif $C \approx V_{RX}$.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Elemen eksperimen sensor kapasitif.

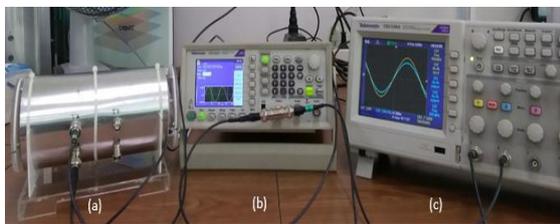
Eksperimen ini menggunakan sensor kapasitif tabung yang dibuat peneliti, osiloskop, *function generator*, dan bahan eksperimennya adalah zat satu fasa dan multi fasa sebagai ruang dielektrik. Perancangan dan pembuatan sensor kapasitif berdasarkan hasil simulasi menggunakan software yang telah dilakukan sebelumnya. Desain elektroda yang memiliki sensitivitas paling optimal adalah berukuran panjang pelat $\frac{1}{4}$ keliling tabung/pipa. Desain sensor kapasitif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Penampakan dalam (atas) dan luar (bawah) sensor kapasitif.

Dimana TX sebagai elektroda untuk tegangan masukan dan RX untuk elektroda tegangan keluaran. Masing-masing port (elektroda TX, RX) dihubungkan dengan ground dan dipasang resistor 100 ohm. Selanjutnya semua port dihubungkan dengan kabel *jumper* ke *connector* BNC *female*. Kemudian ditutup dengan pelat aluminium. Bagian atas dan bawah sensor diberi busa agar terhindar dari rembesan cairan yang disebabkan kebocoran dan berakibat korosi pada pelat elektroda. Sensor ini didesain menjadi dua layer. Gambar 2 menunjukkan penampakan bagian dalam sensor kapasitif tabung pelat sejajar.

Berikutnya melakukan setup eksperimen yang terdiri dari osiloskop dan *function generator* untuk melakukan pengambilan data yang diolah dan dianalisa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Setup eksperimen (a), Sensor kapasitif, (b) *Function generator*, dan (c) Osiloskop.

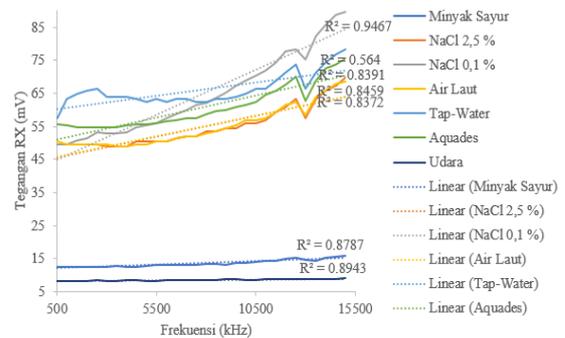
Peneliti melakukan analisa pengujian kelinieran, jangkauan frekuensi, dan sensitivitas. Inputan frekuensi dan tegangan *transmitter* diatur supaya mendapatkan nilai 10 V menggunakan *function generator*. Data yang diambil oleh peneliti adalah nilai tegangan yang ada di *channel* RX sebagai tegangan *reciver*. Eksperimen pertama uji kelinieran zat satu fasa dan multi fasa untuk mendapatkan nilai tegangan *receiver* terhadap perubahan frekuensi 500 kHz sampai 15 MHz. Eksperimen kedua uji jangkauan frekuensi zat satu fasa dan multi fasa untuk mendapatkan nilai tegangan *receiver* terhadap perubahan frekuensi 500 kHz sampai 15 MHz. Eksperimen ketiga uji sensitivitas frekuensi dengan mengamati pola hubungan tegangan *reciver* terhadap perbedaan volume satu fasa

dan zat multi fasa dengan sample uji sinyal frekuensi 500 kHz, 7,5 MHz, dan 12,5 MHz.

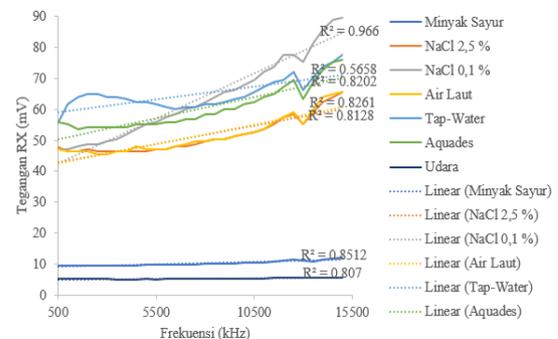
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Uji Kelinieran

Grafik uji kelinieran dengan pengamatan hubungan tegangan *receiver* terhadap frekuensi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik linieritas pada layer kesatu.



Gambar 5. Grafik linieritas pada layer kedua.

Analisis uji kelinieran dapat diamati dari grafik hubungan nilai tegangan *receiver* terhadap frekuensi. Model regresi linieritas (R^2) mendekati nilai satu maka artinya mempunyai arti kesesuaian yang mendekati sempurna, sebaliknya jika R^2 sama dengan 0, maka tidak ada hubungan linier antara X dan Y [4]. Hasil ujinya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Berdasarkan tabel 1 nilai linieritas paling baik adalah 0,9467 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water. Sedangkan pada tabel 2 nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water.

Tabel 1. Nilai linieritas sensor kapasitif pipa pada layer kesatu.

| Jenis materi | Nilai Linieritas |
|---------------------|------------------|
| Aquades | 0,8391 |
| Tap-Water | 0,5640 |
| Air Laut | 0,8459 |
| Aquades + NaCl 0,1% | 0,9467 |
| Aquades + NaCl 2,5% | 0,8372 |
| Minyak Sayur | 0,8787 |
| Udara | 0,8943 |

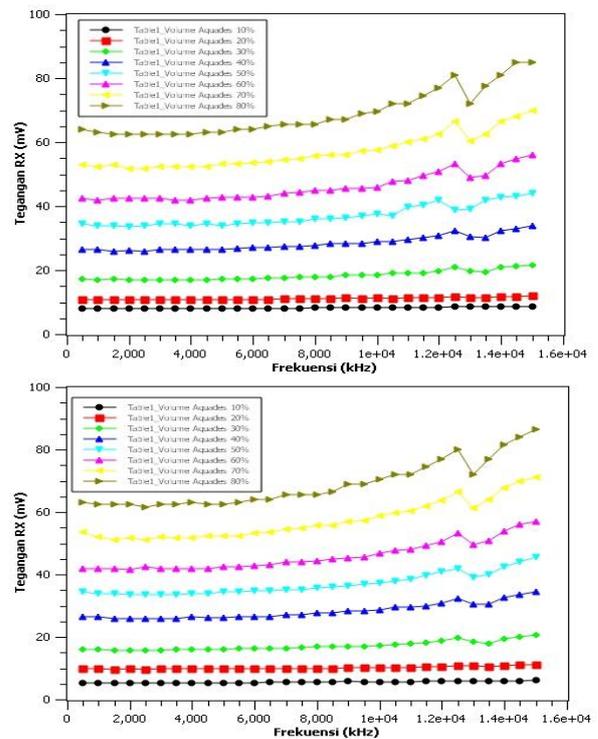
Tabel 2. Nilai linieritas sensor kapasitif pipa pada layer kedua.

| Jenis materi | Nilai Linieritas |
|---------------------|------------------|
| Aquades | 0,8282 |
| Tap-Water | 0,5658 |
| Air Laut | 0,8202 |
| Aquades + NaCl 0,1% | 0,9660 |
| Aquades + NaCl 2,5% | 0,8128 |
| Minyak Sayur | 0,8512 |
| Udara | 0,8070 |

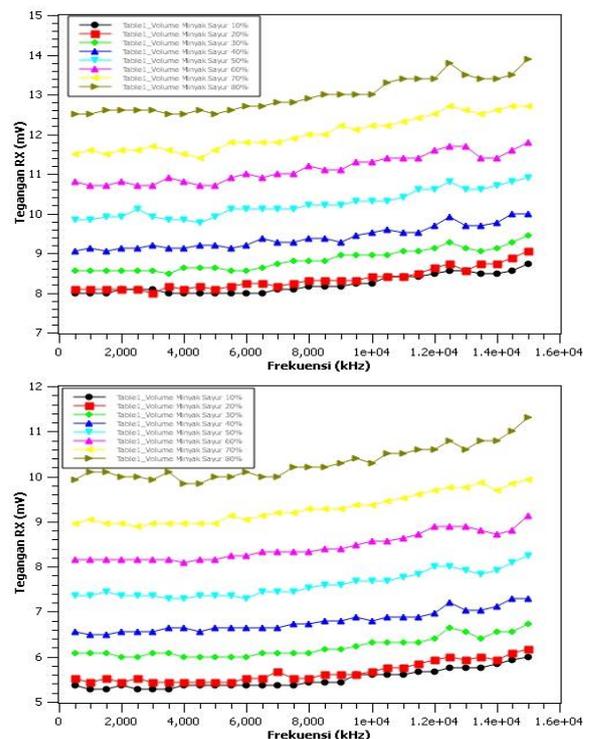
Analisa Jangkauan Frekuensi

Analisa data eksperimen berikutny adalah respon jangkauan frekuensi sensor. Uji yang dilakukan dengan mengamati grafik tegangan receiver terhadap perubahan frekuensi dengan sampel satu fasa. Berdasarkan data grafik Gambar 4 dan 5, didapatkan respon tegangan receiver semua sampel meningkat seiring semakin besarnya nilai frekuensinya. Akan tetapi, terdapat adanya perbedaan pola grafik pada sampe *ltap-water*. Pola grafiknya terlihat meningkat signifikan dari 500 kHz hingga 2,5 MHz kemudian kembali menurun hingga kisaran frekuensi 3 MHz hingga 8 MHz dan kembali meningkat hingga frekuensi 12,5 MHz. Selanjutnya turun kembali pada frekuensi 13 MHz dan kembali meningkat hingga frekuensi maksimum. Namun secara umum pada semua sampel cairan (minyak sayur dan variasi air) terdapat anomali yang sama pada saat diberikan frekuensi 13 MHz, sedangkan sampel udara relative cenderung meningkat terus hingga frekuensi 15 MHz. Nilai jangkauan frekuensi didapatkan dari rata-rata pola garis grafik. Jadi, pengamat berasumsi bahwa nilai jangkauan frekuensi optimal pada sampel zat satu fasa adalah 500 kHz hingga 12,5 MHz. Berikutnya uji

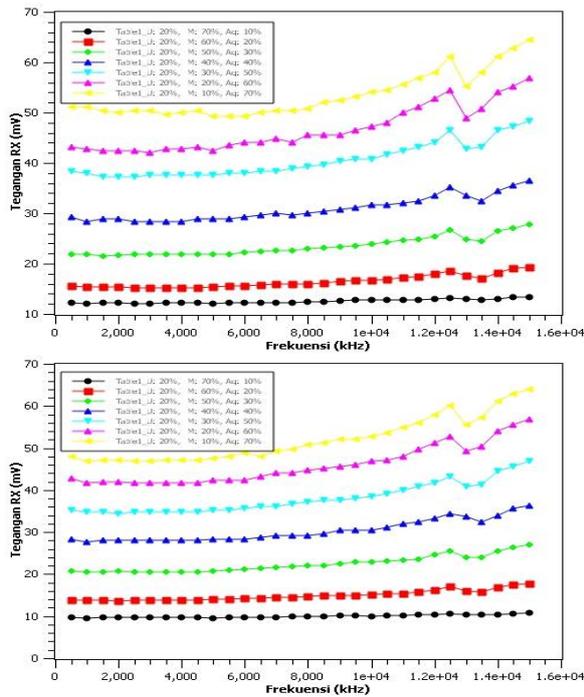
jangkauan frekuensi untuk sampel volume multi fasa yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8, 9, dan 10.



Gambar 8. Grafik tegangan receiver terhadap frekuensi sampel udara & aquades di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).



Gambar 9. Grafik tegangan receiver terhadap frekuensi untuk sampel udara & minyak di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).



Gambar 10. Grafik tegangan receiver terhadap frekuensi untuk sampel tiga fasa (minyak sayur, aquades, dan udara) di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).

Secara umum pengamatan respon jangkauan frekuensi sensor kapasitif pipa dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai jangkauan frekuensi sensor kapasitif pipa.

| Jenis Sampel | Nilai Jangkauan Frekuensi |
|---------------|---------------------------|
| Zat satu fasa | 500 kHz - 12,5MHz |
| Zat dua fasa | 500 kHz - 12,5MHz |
| Zat tiga fasa | 500 kHz - 12,5MHz |

Analisis Sensitivitas

Analisis berikutnya adalah uji sensitivitas dari pengamatan grafik perubahan tegangan receiver terhadap volume dari sampel frekuensi 500 kHz, frekuensi 7,5 MHz, dan frekuensi 12,5 MHz. Penentuan sampel frekuensi tersebut berdasarkan hasil jangkauan frekuensi sensor kapasitif pada pipa. Eksperimen ini mencari nilai sensitivitas frekuensi yang kecil dan yang paling besar dalam pengukuran objek satu fasa zat dan multi fasa zat. Penentuan sensitivitas dapat dilakukan dengan mengamati nilai gradien ($\Delta y/\Delta x$) atau kemiringan grafik [5]. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai sensitivitas.

| Medium | Layer | Nilai Sensitivitas | | |
|------------------------------|-------|--------------------|---------|----------|
| | | 500 kHz | 7,5 MHz | 12,5 MHz |
| Udara, Aquades | 1 | 77,7 | 80,5 | 99,78 |
| Udara, Aquades | 2 | 81,4 | 84,10 | 103,4 |
| Udara, Minyak Sayur | 1 | 6,36 | 6,59 | 7,14 |
| Udara, Minyak Sayur | 2 | 6,29 | 6,63 | 6,86 |
| Udara, Aquades, Minyak Sayur | 1 | 64,2 | 65,4 | 81,95 |
| Udara, Aquades, Minyak Sayur | 2 | 65,3 | 67,2 | 83,35 |

Dari data table di atas nilai sensitivitas paling kecil rata-rata pada frekuensi 500 kHz dan sensitivitas yang besar rata-rata pada frekuensi 12,5 MHz, Nilai tersebut dapat diamati dari besar kecilnya nilai gradien.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah mendapatkan analisa uji linieritas paling baik adalah 0,9467 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water di layer kesatu dan nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water di layer kedua. Kemudian jangkauan frekuensi optimal pada interval 500 kHz hingga 12,5 MHz dan hasil uji sensitivitas paling kecil adalah 500 kHz dan sensitivitas yang besar adalah pada frekuensi 12,5 MHz.

REFERENSI

1. Dwinanto, M. M. & Indarto. (2006). Karakterisi aliran dua fase cair-gas searah ke atas dengan fluida cair berviskositas tinggi. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V*, Universitas Indonesia, Depok, 21-23 November 2006, 1-8.
2. Masturah, M. T., Rahiman, M. H. F., Zakaria, Z., Rahim, A. R., & Ayob, N. M.

- (2015). Design of flexible electrical capacitance tomography sensor. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, **77**(28), 1-5.
3. Young, H. D. & Freedman, R. A. (2003). *Fisika universitas jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
4. Sarwono, J. (2011). *Buku pintar IBM SPSS statistics 19*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
5. Arumnika, N. & Kuswanto, H. (2017). Pengaruh formasi kelengkungan polymer optical fiber (POF) yang disisipi gel terhadap keluaran untuk mengukur ketinggian cairan. *E-Journal Fisika*, **6**(4), 278-287.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)