

Studi Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Pada Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parnasari-1^a, Mega Nurhanisa-2^a, Bintoro Siswo Nugroho-3^a

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura,

*Email : parnasarri@gmail.com

(Diterima 19 April 2022; Disetujui 29 April 2022; Dipublikasi 30 April 2022)

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang studi kapasitansi dan konstanta dielektrik pada karbon aktif tandan kosong kelapa sawit. Karakteristik kelistrikan yang diamati yaitu kapasitansi dan konstanta dielektrik serta mengetahui pengaruh variasi nilai frekuensi terhadap nilai konstanta dielektrik. Pengukuran nilai konstanta dielektrik menggunakan kapasitor keping sejajar dengan ukuran 9,74 cm × 2 cm berjarak 0,505 cm, ditengahnya diletakkan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan dielektrik dan dihubungkan dengan sumber tegangan AC dari frekuensi 100 – 2000 Hz. Nilai konstanta dielektrik pada suhu aktivasi 700°C memiliki nilai konstanta paling tinggi dibandingkan suhu aktivasi 600°C dan 500°C. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi pada suhu 500°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 400 Hz yaitu (0,539 ± 0,034) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu (0,421 ± 0,026). Pada suhu aktivasi 600°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 100 Hz yaitu (1,168 ± 0,0759) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 400 Hz yaitu (0,959 ± 0,0657). Sedang pada suhu aktivasi 700°C memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 700 Hz yaitu (2,104 ± 0,0248) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu (1,658 ± 0,0195). Pada frekuensi rendah nilai konstanta dielektrik mengalami fluktuasi sehingga nilainya sedikit acak. Bahan dielektrik seperti karbon, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

Kata Kunci : Karbon aktif, konstanta dielektrik, dan kapasitansi

1. Latar Belakang

Dewasa ini, kajian sains di bidang material terus mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu karakteristik bahan yang menarik untuk terus dieksplorasi adalah sifat kelistrikannya (Cahyono, 2017). Setiap bahan memiliki sifat listrik berbeda-beda yang sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan, kandungan air, keasaman, dan kondisi internal lainnya (Hermawan, 2015). Bahan yang memiliki sifat mampu menyimpan energi listrik disebut dengan bahan dielektrik (Rimafatin, 2019). Bahan dielektrik adalah bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil. Bahan dielektrik tidak memiliki elektron bebas yang dapat bergerak di seluruh bahan, sehingga bahan ini disebut juga isolator yang baik (Mujib, S. D., 2013). Kapasitor adalah piranti yang berfungsi untuk menyimpan energi dan muatan listrik. Ukuran kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan disebut kapasitansi (Jati & Priyambodo, 2010). Kapasitor yang sering digunakan adalah kapasitor dua keping sejajar

(Masiyati, 2018). Pada kebanyakan kapasitor, ruangan di antara keping kapasitor diisi dengan bahan dielektrik agar dengan ukuran kecil diperoleh kapasitansi yang besar. Hal ini disebabkan nilai kapasitansi akan bertambah dengan faktor k (konstanta dielektrik) jika seluruh ruang di antara kedua keping diisi dengan bahan dielektrik (Guntoro, 2013). Konstanta dielektrik merepresentasikan rapat fluks elektrostatik dalam suatu bahan bila diberi beda potensial. Dalam dielektrik, konstanta ini sangat penting karena menjadi salah satu karakteristik bahan dielektrik tersebut. Faktor yang mempengaruhi sifat dielektrik bahan adalah frekuensi, suhu, kadar air, densitas, komposisi, dan struktur material (Nuzula et al, 2014). Contoh bahan dielektrik yaitu udara, air, kertas, karet, mika, kaca dan kayu (Halliday, 1988). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) juga merupakan salah satu contoh bahan dielektrik.

TKKS merupakan salah satu produk sampingan berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Bertambahnya areal perkebunan kelapa sawit mengakibatkan

banyak pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang menghasilkan produk sampingan atau limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal, salah satunya TKKS. Pada TKKS, kandungan lignin mencapai 60%, selulosa 27% dan sisanya adalah kandungan lain (Hambali, dkk., 2007). Bahan yang mengandung unsur lignoselulosa sangat baik dijadikan karbon aktif. Karbon aktif adalah karbon berpori hasil dari pirolisis bahan yang mengandung unsur karbon (Waluyo, 2017).

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan pengukuran kapasitansi karbon aktif TKKS pada prototipe baterai. Waluyo (2017), dalam penelitiannya memvariasikan konsentrasi larutan aktivator H_3PO_4 sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, dengan suhu aktivasi sebesar $700^\circ C$ selama 1 jam. Seiring bertambahnya konsentrasi aktivator, akan bertambah pula ukuran pori karbon aktif tersebut. Ukuran pori terbaik diperoleh untuk konsentrasi 25% yaitu sebesar $5,43\mu m$ dengan kapasitansi sebesar $5,88mF/g$. Namun, penelitian tersebut hanya mengukur nilai kapasitansi kapasitor. Hasil dari penelitian tersebut berpotensi untuk dilanjutkan ke studi tentang konstanta dielektrik pada karbon aktif TKKS sebagai bahan dielektrik. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan pengukuran konstanta dielektrik karbon aktif dari TKKS menggunakan kapasitor keping sejajar.

Kapasitor keping sejajar merupakan kapasitor yang terdiri dari dua buah keping logam yang disusun secara paralel dan dipisahkan oleh jarak sebesar d (Guntoro, 2013). Kapasitor keping sejajar telah digunakan untuk mengukur karakteristik kelistrikan lemak sapi dan lemak babi pada frekuensi tegangan masukan 800 - 2000 Hz (Nuzula et al, 2014). Pada penelitian tersebut, ditemukan bahwa semakin tinggi nilai frekuensi yang diberikan, maka semakin rendah nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik pada bahan. Penelitian yang dilakukan oleh Rimafatin (2019) mengukur konstanta dielektrik pada lemak hewani menggunakan frekuensi 1 - 20 kHz. Seiring dengan bertambahnya frekuensi, nilai konstanta dielektrik pada bahan semakin menurun. Dari beberapa penelitian tersebut, dapat diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi frekuensi yang diberikan, semakin rendah nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian mengenai sifat listrik pada karbon aktif limbah TKKS pada frekuensi 100 - 2000 Hz menggunakan kapasitor pelat sejajar.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 200 mesh, *furnace (carbolite)*, gelas porselin, gelas beaker, *hot plate*, *magnetic stirrer*, penggiling/penumbuk, timbangan digital, *function generator*, kabel tunggal, *Printed circuit board (PCB)* tembaga, pemotong PCB, timah, solder, termometer ruang, dan lem perkat. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades, asam fosfat (H_3PO_4), kertas saring, potasium klorida (KCl) dan TKKS.

2.2. Preparasi Karbon Aktif TKKS

Limbah TKKS yang diperoleh dari pabrik dibersihkan dari material lain. Dibersihkan dengan mencuci TKKS menggunakan air bersih kemudian ditiriskan dan potong menjadi bagian kecil. Kemudian ditimbang massa awalnya dengan menggunakan neraca digital. Proses dehidrasi yang dilakukan dengan cara menjemur potongan kecil TKKS di bawah terik sinar matahari selama 6 hari. Setelah dikeringkan TKKS kemudian dikarbonisasi dengan suhu $400^\circ C$ selama 1 jam. karbon hasil pirolisis ini kemudian diaktivasi menggunakan larutan asam fosfat (H_3PO_4) dengan konsentrasi 25%. Proses aktivasi ini didiamkan selama 24 jam kemudian karbon yang telah teraktivasi dinormalkan pH-nya hingga netral. Karbon yang telah dicuci dikeringkan kembali menggunakan *furnace* pada $105^\circ C$ selama 3 jam. Karbon aktif yang telah kering dikalsinasi kembali menggunakan *furnace* pada variasi suhu $500^\circ C$, $600^\circ C$, dan $700^\circ C$ selama 1 jam. Karbon aktif yang telah dikalsinasi disintesis menggunakan KCl diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu $40^\circ C$ selama 15 menit. Karbon aktif yang dihasilkan dikarakterisasi sifat kelistrikannya.

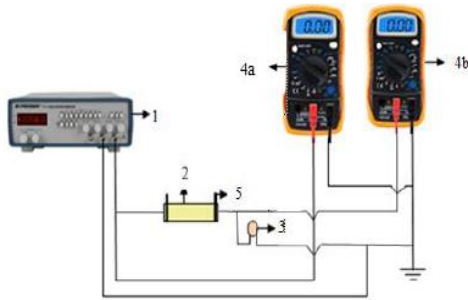
2.3. Pembuatan Plat Kapasitor

Keping kapasitor terbuat dari PCB tembaga yang dipotong menggunakan pemotong PCB dengan ukuran $9,74\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ berjarak $0,505\text{ cm}$.

2.4. Pengambilan Data

Pengujian pada sistem yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan dari sistem pengukuran. Pengujian sistem dilakukan dengan cara merangkai seperti pada gambar 4. Nilai konstanta dielektrik yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik udara pada referensi yaitu sebesar 1,00054. Jika nilai konstanta dielektrik udara yang didapatkan berdasarkan hasil pengukuran mendekati nilai konstanta dielektrik udara pada referensi, maka alat kapasitor keping sejajar tersebut dapat digunakan pada penelitian ini.

Pengambilan data penelitian dilakukan pada suhu ruang Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Bahan dimasukan ke dalam kapasitor keping sejajar sampai penuh. Selanjutnya menyusun desain rangkaian yang akan digunakan untuk penelitian. Kedua pelat dihubungkan dengan masukan dan keluaran dari voltmeter dan *function generator*. Frekuensi yang digunakan dari 100-2000 Hz dengan interval 100 Hz. Sehingga dapat diketahui nilai kapasitansi bahan yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui konstanta dielektrik bahan tersebut.



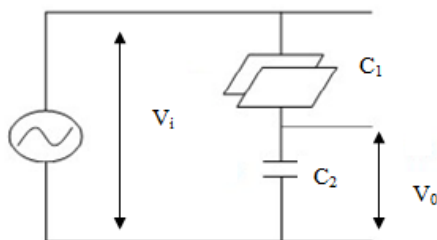
Gambar 1. Rancangan desain pengukuran nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS (Cahyono, 2017).

Keterangan:

1. Function generator
2. Sampel penelitian
3. Kapasitor
- 4a. Voltmeter sebagai pembaca tegangan masukan
- 4b. Voltmeter sebagai pembaca tegangan keluaran
5. Pelat tembaga

2.5. Analisis Data

Rangkaian alat kapasitor pada penelitian ini berupa kapasitor pelat sejajar dihubungkan secara seri dengan komponen kapasitor dalam suatu rangkaian AC



Gambar 2. Rangkaian kapasitor

Berdasarkan gambar 2 besar tegangan yang terukur setelah melewati kapasitor dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_i}{V_0} - 1\right)} \tag{5}$$

Nilai kapasitansi yang didapatkan digunakan untuk menghitung nilai konstanta dielektrik dengan menggunakan persamaan

$$C = k \frac{A \epsilon_0}{d} \tag{6}$$

Ketidakpastian pengukuran tunggal konstanta dielektrik dapat menggunakan persamaan

$$\Delta k = \sqrt{\left(\frac{d}{A \epsilon_0} \Delta C_1\right)^2 + \left(\frac{C_1}{A \epsilon_0} \Delta d\right)^2 + \left(\frac{C_1 d}{A^2 \epsilon_0} \Delta A\right)^2} \tag{7}$$

$$k = k \pm \Delta k \tag{8}$$

C_1 merupakan kapasitansi kapasitor plat sejajar (F), C_2 adalah kapasitansi acuan kapasitor (F), V_0 adalah tegangan output (V), V_i adalah tegangan input (V), d adalah jarak antar keping kapasitor (m), dan k adalah konstanta dielektrik

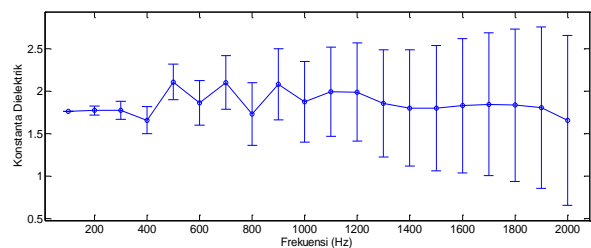
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preparasi Karbon Aktif TKKS

Preparasi karbon aktif limbah TKKS diawali dengan proses karbonisasi. Proses karbonisasi untuk mengurai lignin dan selulosa menjadi karbon dengan cara dibakar menggunakan *furnance* pada suhu 400°C selama 1 jam.

Selanjutnya dilakukan dua tahap aktivasi yaitu aktivasi kimia dan fisika untuk lebih membuka ukuran pori. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam karbon pada larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 25% selama 24 jam. Dilakukan aktivasi kimia dengan tujuan untuk merusak unsur nonkarbon yang masih tersisa pada saat proses pengkarbonan yang menutupi pori karbon. Karbon aktif yang telah diaktivasi kimia kemudian dilakukan aktivasi fisika pada variasi suhu 500°C, 600°C dan 700°C selama 1 jam. Tujuan dari pemanasan ini untuk menghilangkan pengotor pada karbon aktif sehingga akan menghasilkan ukuran pori karbon aktif yang baru. Pada suhu 500°-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon (Kurniati, 2008).

3.2. Karakteristik Udara Pada Berbagai Frekuensi



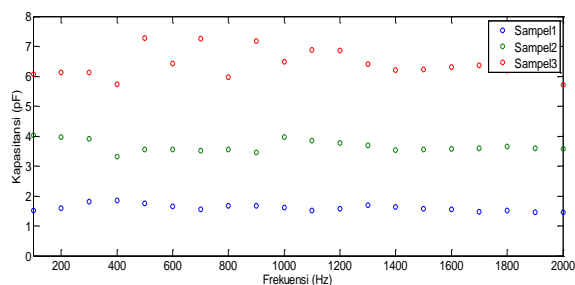
Gambar 3. Grafik hubungan frekuensi terhadap konstanta dielektrik udara

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa pada rentang frekuensi 0 hingga 2000 Hz nilai

konstanta dielektrik udara relatif konstan dengan sedikit fluktuasi. Bahan dielektrik seperti udara, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya. Hasil dari pengukuran konstanta dielektrik udara digunakan sebagai acuan dari pengujian alat yang digunakan. Nilai konstanta dielektrik untuk udara, pada frekuensi di bawah 1000 Hz yaitu sebesar 1,00054 (Halliday, 1988). Pada hasil pengukuran konstanta dielektrik yang telah dilakukan, nilai yang paling mendekati adalah konstanta dielektrik udara pada frekuensi 1000 Hz yaitu $(0,85 \pm 0,098)$. Selisih nilai konstanta dielektrik antara hasil penelitian dan referensi adalah sebesar 0,14729. Dari hasil pengukuran konstanta dielektrik udara yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa alat dapat digunakan untuk mengukur karakteristik kelistrikan pada karbon aktif TKKS.

3.3. Karakteristik Karbon Aktif TKKS Berbagai Frekuensi

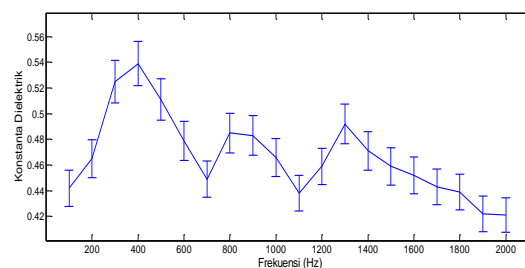
Pengukuran data kapasitansi dilakukan pada suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$). Sebelum wadah kapasitor diisi dengan bahan dielektrik karbon aktif TKKS, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kapasitansi dengan bahan dielektrik udara.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai frekuensi terhadap nilai kapasitansi karbon aktif TKKS pada berbagai suhu aktivasi 500°C (Sampel1), 600°C (Sampel2), dan 700°C (Sampel3)

Gambar 4 menunjukkan frekuensi berpengaruh pada kapasitansi. Ketika frekuensi yang diberikan semakin besar, nilai kapasitansi tampak sedikit menurun. Peningkatan frekuensi, mengakibatkan semakin banyak gelombang ditransmisikan tiap detik. Sebelum kapasitor terisi penuh arah arus listrik sudah berbalik, sehingga terjadi pengosongan muatan dalam kapasitor dengan cepat. Hal ini mengakibatkan muatan kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor menyimpan muatan semakin kecil (Robby, 2013). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hubungan frekuensi sumber tegangan terhadap nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS

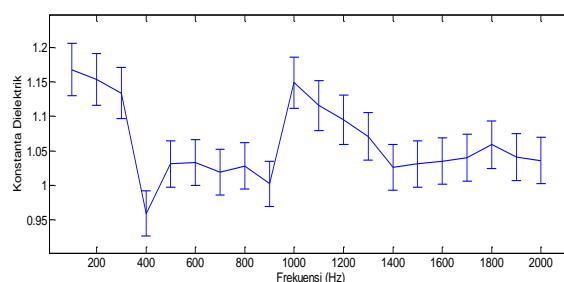
yang diaktivasi menggunakan suhu 500°C dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai frekuensi sumber tegangan terhadap nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 500°C (k_1)

Gambar 5 menunjukkan hubungan nilai konstanta dielektrik terhadap frekuensi sumber tegangan yang diberikan. Nilai konstanta dielektrik diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (3.8). Nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS yang diaktivasi pada suhu 500°C dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa pada rentang frekuensi 0 hingga 2000 Hz nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS relatif konstan dengan sedikit fluktuasi. Bahan dielektrik seperti karbon, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

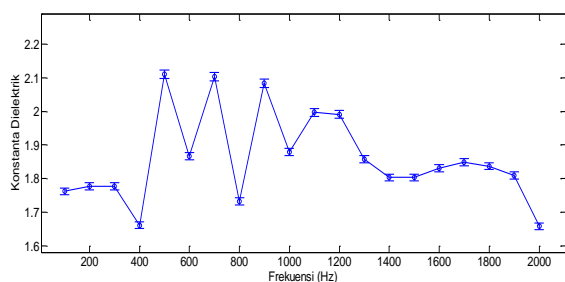
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hubungan frekuensi sumber tegangan terhadap nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS yang diaktivasi menggunakan suhu 600°C dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan frekuensi sumber tegangan terhadap konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 600°C (k_2)

Gambar 6 menunjukkan hubungan nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 600°C . Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa pada rentang frekuensi 0 hingga 2000 Hz nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS relatif konstan dengan sedikit fluktuasi. Bahan dielektrik seperti karbon, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hubungan frekuensi sumber tegangan terhadap nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS yang diaktivasi menggunakan suhu 700°C dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan frekuensi sumber tegangan terhadap konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 700°C (k_3)

Gambar 7 menunjukkan hubungan nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 700°C dengan penambahan nilai frekuensi sumber tegangan yang diberikan. Dari Gambar 7, dapat dilihat bahwa pada rentang frekuensi 0 hingga 2000 Hz nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS relatif konstan dengan sedikit fluktuasi. Bahan dielektrik seperti karbon, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

Pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 pada frekuensi rendah terdapat nilai konstanta dielektrik yang cenderung acak. Hal ini karena kemampuan polarisasi berubah sesuai dengan frekuensi yang diberikan dan pada frekuensi rendah momen dipol berlawanan arus dengan arus listrik. Nilai konstanta dielektrik pada beberapa frekuensi mengalami fluktuasi sehingga nilainya acak. Hal ini disebabkan tegangan masukan dan tegangan keluaran yang dihasilkan bervariasi di setiap frekuensi yang diberikan dan menyebabkan nilai konstanta dielektrik juga bervariasi. Bahan dielektrik seperti udara dan karbon yang bersifat isolator, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

Konstanta dielektrik merupakan karakteristik kelistrikan pada suatu bahan akibat adanya medan luar (Rimafatin, 2019). Konstanta dielektrik yaitu kemampuan bahan terpolarisasi dan menyimpan energi (Kondo *et al.*, 2014). Konstanta dielektrik adalah suatu bilangan konstanta yang besarnya bergantung pada bahan dan sistem yang digunakan. Umumnya bahan dielektrik adalah bahan isolator yang tidak memiliki kemampuan untuk menghantarkan listrik. Namun bahan memiliki

permitivitas relatif yang mempengaruhi nilai kapasitansi (Hidayat, 2015).

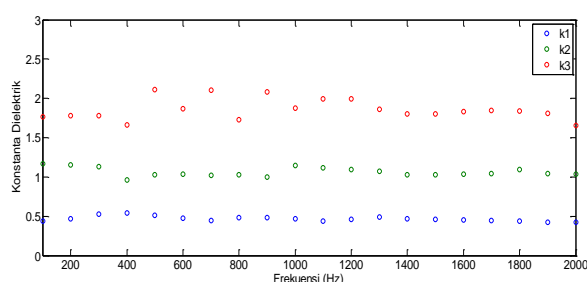
Karbon aktif TKKS yang digunakan sebagai bahan dielektrik dipengaruhi oleh medan listrik pada keping kapasitor dan akan bersifat insulator, sehingga muatan yang ada pada karbon aktif akan diam dan tidak bebas untuk bergerak akibat pengaruh medan listrik (Nuzula, 2014). Kenaikan frekuensi sumber tegangan dapat mengakibatkan osilasi medan listrik semakin cepat sehingga hanya beberapa muatan yang terlibat dalam proses redistribusi dan tidak dapat menyesuaikan diri dengan arah medan listrik luar sehingga mengakibatkan berkurangnya polarisasi. Penurunan polarisasi ini mengakibatkan menurunnya nilai kapasitansi. Ketika nilai kapasitansi menurun maka nilai konstanta dielektrik dari suatu bahan juga akan menurun (Widodo, 2014). Semakin cepat polarisasi menyebabkan nilai konstanta semakin besar. Semakin besar nilai konstanta dielektrik, menunjukkan semakin besar kemampuan bahan dalam menyimpan energi listrik. Besar kecilnya nilai konstanta dielektrik disebabkan oleh adanya kandungan yang berbeda-beda pada setiap sampel tersebut (Cahyono, 2017).

Kapasitor yang telah dihubungkan dengan sumber AC pelatnya terus menerus diisi dan dilepas dalam hubungan tegangan sumber bolak balik yang diterapkan. Oleh karena itu arus pengisian dan pemakaian selalu mengalir masuk dan keluar dari pelat kapasitor keping sejajar. Apabila arus lebih besar, reaktansinya kecil dan apabila arus yang lebih kecil, reaktansinya besar. Frekuensi pada arus bolak balik juga berpengaruh terhadap besarnya reaktansi. Ketika frekuensi rendah, reaktansi lebih besar. Begitu juga sebaliknya, ketika frekuensi tinggi reaktansi lebih kecil, reaktansi akan memiliki sedikit waktu antara siklus pengisian dan pengosongan, arus yang dialirkan lebih besar sehingga reaktansi lebih kecil (Umami, 2018).

Muatan listrik dan arus listrik berperan sebagai sumber untuk medan listrik dan medan magnetik. Medan listrik cenderung bergerak dari muatan positif ke muatan negatif. Muatan-muatan tersebut menciptakan medan listrik, yang ditanggapi oleh muatan lain melalui gaya yang dialami oleh objek bermuatan yang berada dalam medan listrik. Perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya. Dengan demikian, meskipun tidak ada muatan listrik atau arus listrik, sehingga masih memungkinkan terjadi osilasi medan magnet dan medan listrik yang stabil dan dapat menjalar terus menerus (David, 1999).

Pada bahan dielektrik yang bersifat cair dalam rentang frekuensi sumber tegangan 100 – 2000 Hz nilai konstanta dielektrik sudah menunjukkan perubahan pada nilai konstanta dielektriknya. Muatan-muatan yang terkandung dalam bahan cair tersebut lebih mudah bergerak sehingga nilai konstanta dielektriknya sudah menunjukkan perubahan pada rentang frekuensi tersebut (Widodo, 2014). Sedangkan pada bahan dielektrik yang bersifat padat pada rentang frekuensi sumber tegangan 100 – 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya. Muatan-muatan yang ada pada bahan tidak mudah bergerak pada rentang frekuensi tersebut. Rentang frekuensi yang cukup tinggi dibutuhkan untuk melihat perubahan frekuensi pada bahan dielektrik yang bersifat padat (Rimafatin, 2019).

3.4. Hasil Pengukuran Nilai Konstanta Dielektrik Karbon Aktif TKKS/1 Variasi Suhu Aktivasi



Gambar 8. Grafik hubungan nilai frekuensi terhadap nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 500°C (k_1), 600°C (k_2), dan 700°C (k_3)

Gambar 8 merupakan grafik hubungan antara konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada frekuensi 100 – 2000 Hz dengan variasi suhu aktivasi yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C. Pada suhu aktivasi 500°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 400 Hz yaitu ($0,539 \pm 0,034$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu ($0,421 \pm 0,026$). Pada suhu aktivasi 600°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 100 Hz yaitu ($1,168 \pm 0,075$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 400 Hz yaitu ($0,959 \pm 0,065$). Sedangkan pada suhu aktivasi 700°C memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 700 Hz yaitu ($2,104 \pm 0,024$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu ($1,658 \pm 0,019$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik yang paling besar terjadi pada suhu aktivasi 700°C. Semakin tinggi suhu aktivasi yang diberikan menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik karbon aktif semakin besar. Hasil ini sesuai dengan

penelitian Waluyo, (2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi yang diberikan, semakin besar ukuran pori sehingga nilai kapasitansi pada karbon aktif TKKS semakin besar dan nilai konstanta dielektrik juga besar. Hal ini dikarenakan nilai kapasitansi berbanding lurus dengan nilai konstanta dielektrik (Sucipto, 2016).

4. Kesimpulan

Nilai konstanta dielektrik karbon aktif TKKS pada suhu aktivasi 700°C memiliki nilai konstanta dielektrik yang paling tinggi dibandingkan suhu aktivasi 600°C dan 500°C. Pada suhu aktivasi 500°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 400 Hz yaitu ($0,539 \pm 0,034$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu ($0,421 \pm 0,026$). Pada suhu aktivasi 600°C nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 100 Hz yaitu ($1,168 \pm 0,075$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 400 Hz yaitu ($0,959 \pm 0,065$). Sedang pada suhu aktivasi 700°C memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 700 Hz yaitu ($2,104 \pm 0,024$) dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu ($1,658 \pm 0,019$). Bahan dielektrik seperti karbon, dalam rentang frekuensi sumber tegangan 0 sampai 2000 Hz tidak terlalu menunjukkan perubahan nilai konstanta dielektriknya.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah membantu terlaksananya penelitian ini kepada bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si, bapak Hasanuddin, S.Si, M.Si., Ph.D yang telah memberi saran, Laboratorium Fisika Lanjut dan Fisika Dasar FMIPA UNTAN Pontianak atas pinjaman alat, dan Comdev & Outreaching UNTAN karena telah membantu membiayai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

6. Daftar Pustaka

- (1) Cahyono, E., Bowo., 2017, Pengaruh Penambahan Lemak Margarin terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng, *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*.
- (2) Griffiths, D. J., 1999, *Introduction to electrodynamics*. Edisi ke tiga.
- (3) Guntoro, N, A., 2013, Fisika Terapan. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- (4) Halliday, D., 1988, *Terjemahan Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- (5) Kondo, N., Nishizu, T., Hayashi, T., Ogawa, Y., Shimizu, H., Goto, K. 2014, *Physical and Biological Properties of Agricultural Products*. Kyoto: Kyoto University Press.

- (6) Kurniati, E., 2008, Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2):96-103.
- (7) Mujib, S., dan Muntini, M.S., 2013, Perancangan Sensor Kelembaban Beras Berbasis Kapasitor, *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 1(1):1-6.
- (9) Nuzula, Firdausi, Chomsin S. Widodo, dan Sucipto. 2014, Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi dengan Metode dielektrik. *Jurnal Fisika Indonesia*, 2(1), 297:300.
- (10) Rimafatin, Noer., Bowo, Eko., dan Misto. 2019, Analisis Hubungan Suhu dan Frekuensi terhadap Sifat Listrik Lemak Hewani. *Jurnal Fisika Flux*, 2(16), 78:83.
- (11) Robby, M. H. 2013, *Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (Clarias batrachus) dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah*. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang (Skripsi).
- (12) Sucipto., Riza, D. F. A., dan Hasan, M. L. A., 2016, Pengaruh Ukuran Sampel, Frekuensi, dan Suhu terhadap Sifat Biolistrik Tebu (*Saccharum officinarum* L) untuk Prediksi Cepat Rendam Tebu. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 5:(3), 140-148.
- (13) Umami, Riza., 2018, Karakteristik Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Menggunakan Sensor Kapasitor Pelat Sejajar. Universitas Jember (Skripsi)
- (14) Waluyo, H. M., Faryuni, I., dan Abdul. M., 2017, Analisis Pengaruh Ukuran Pori Terhadap Sifat Listrik Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Prototipe Baterai. *Jurnal Fisika Flux*. 14:(1), 27-33.
- (15) Widodo, C. S., Dharmawan, H. A., Sucipto, & Hidayat, A., 2014, Pengukuran Sifat Dielektrik Lemak Pangan pada Frekuensi Rendah. Paper presented at the Simposium Fisika Nasional (SFN) XXVII, Universitas Udayana Bandung.