

SINTESIS KOMPOSIT POLIANILINA-SELULOSA MENGGUNAKAN MATRIKS SELULOSA DARI TANDAN KOSONG SAWIT

Eko Saputra^{1*}, Berlian Sitorus¹, Harlia¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi 78124,
email: ekosaputra1085@yahoo.com

ABSTRAK

Sintesis komposit polianilina-selulosa menggunakan matriks selulosa yang berasal dari tandan kosong sawit telah dilakukan dalam penelitian ini. Jumlah polianilina yang terkomposit pada matriks selulosa dapat ditingkatkan dengan cara memasukkan polianilina ke dalam ruang antar struktur selulosa. Adanya ikatan hidrogen antar struktur selulosa menyebabkan polianilina sulit masuk. Proses swelling dilakukan untuk memperbesar ruang antar struktur selulosa sehingga molekul anilina dapat masuk. Sintesis komposit polianilina-selulosa dilakukan dengan variasi perlakuan awal swelling pada selulosa menggunakan dimetil sulfoksida (DMSO) dan tanpa perlakuan awal swelling pada selulosa. Selain itu, sintesis komposit polianilina-selulosa juga dilakukan dengan variasi massa anilina yaitu 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g. Konduktivitas komposit polianilina-selulosa ditentukan dengan menggunakan Electrochemical Impedance Spectroscopy. Berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas, komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan bersifat semikonduktor. Nilai konduktivitas tertinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi jumlah anilina 1,5 g, yakni $1,35 \times 10^{-2} - 1,54 \times 10^{-2}$ S/cm untuk komposit yang disintesis tanpa perlakuan awal swelling dan $3,58 \times 10^{-3} - 3,87 \times 10^{-3}$ S/cm untuk komposit yang disintesis melalui perlakuan awal swelling. Hasil pengukuran konduktivitas menunjukkan bahwa komposit polianilina-selulosa yang disintesis melalui perlakuan awal swelling memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang disintesis tanpa melalui perlakuan awal swelling.

Kata Kunci: komposit, polianilina, selulosa, swelling.

PENDAHULUAN

Polimer konduktif adalah polimer yang mampu menghantarkan arus listrik. Polimer dapat bersifat konduktif karena memiliki ikatan rangkap terkonjugasi. Menurut Heeger *et al.* (2000) polimer konduktif memiliki nilai konduktivitas pada kisaran $10^{-8} - 10^2$ S/cm sehingga termasuk ke dalam golongan semikonduktor. Polimer konduktif banyak dikembangkan saat ini karena memiliki aplikasi, seperti sebagai elektroda, sensor gas, membran dan baterai sekunder.

Polianilina adalah salah satu contoh polimer konduktif yang mempunyai kelebihan antara lain konduktivitas yang tinggi, stabilitas lingkungan yang baik dan mudah disintesis (Li *et al.*, 2010). Namun polianilina masih memiliki kelemahan yaitu sifat fisik yang kaku sehingga dapat membatasi penggunaannya. Beberapa penelitian menyatakan bahwa kekakuan tersebut dapat diatasi dengan pembentukan komposit. Selain itu, pembentukan komposit tersebut juga dapat meningkatkan nilai konduktivitas. Feng *et al.* (2003) dalam penelitiannya melaporkan bahwa nilai konduktivitas komposit polianilina-karbon yaitu $10^0 - 10^1$ (S/cm) dan nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai

konduktivitas polianilina murni yang berkisar antara $10^{-2} - 10^{-1}$ (S/cm).

Selulosa merupakan salah satu bahan yang telah digunakan sebagai matriks dalam proses pembuatan komposit polianilina karena sifatnya yang fleksibel. Sumber selulosa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tandan kosong sawit. Pemilihan tandan kosong sawit sebagai sumber selulosa dikarenakan keberadaannya yang melimpah serta kandungan selulosanya yang relatif tinggi. Padil (2010) melaporkan bahwa kandungan selulosa yang terdapat di dalam tandan kosong sawit yaitu sebesar 34,26 %.

Pembentukan komposit polianilina-selulosa oleh beberapa penelitian sebelumnya dilakukan melalui proses *coating* (Mo *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2010) dan *grafting* (Rubler *et al.*, 2011). Pada kedua proses tersebut, polianilina terkomposit hanya pada permukaan selulosa saja sehingga jumlah polianilina yang terkomposit menjadi terbatas. Jumlah polianilina yang terkomposit dapat ditingkatkan dengan cara memasukkan polianilina ke dalam ruang antar struktur selulosa. Akan tetapi, adanya ikatan hidrogen antar struktur selulosa menyebabkan polianilina sulit masuk. Oleh karena itu, proses *swelling* dilakukan untuk memperbesar ruang antar struktur selulosa sehingga molekul anilina dapat

masuk. Selain itu, Hidayat (2011) dalam penelitiannya melaporkan bahwa jumlah polianilina yang terkomposit pada matriks selulosa komersial yang telah melalui perlakuan awal *swelling* menggunakan proses sonikasi lebih banyak dibandingkan dengan tanpa perlakuan awal *swelling*.

Sintesis komposit polianilina-selulosa dari tandan kosong sawit dilakukan dengan dua variasi yaitu melalui perlakuan awal *swelling* dan tanpa perlakuan awal *swelling*. Perbedaan perlakuan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses *swelling* terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan. Proses *swelling* dilakukan tanpa melalui proses sonikasi sehingga lebih sederhana dan mudah dilakukan. Selain variasi perlakuan awal, dalam penelitian ini dilakukan juga variasi massa anilina yang digunakan. Tujuannya adalah untuk mengetahui jumlah optimum anilina yang digunakan sehingga diperoleh komposit dengan nilai konduktivitas tertinggi. Penentuan konduktivitas komposit polimer konduktif polianilina-selulosa yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan antara lain batang pengaduk, *beaker glass*, botol semprot, *bulb*, cawan petri, corong *Buchner*, desikator, EIS dengan frekuensi 20 Hz – 2 MHz, gelas ukur, kondensor, labu ukur, labu leher dua, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, pipet ukur, pemanas listrik, pompa air, spatula, termometer, dan pompa vakum.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu akuades, anilina (C₆H₅NH₂) Merck Germany, amonium persulfat ((NH₄)₂S₂O₈) Merck Germany, asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), aseton (CH₃OCH₃) teknis, dimetil sulfoksida (DMSO), etanol (C₂H₅OH) teknis, natrium hidroksida (NaOH), natrium hipoklorit (NaOCl) komersial, dan tandan kosong sawit.

Cara Kerja

Isolasi Selulosa dari Tandan Kosong Sawit

Isolasi selulosa dari tandan kosong sawit mengacu pada penelitian Hamisan *et al.* (2009). Proses isolasi dilakukan dengan dua tahapan yaitu proses *pulping* menggunakan larutan NaOH

dan proses *bleaching* dengan menggunakan larutan NaOCl.

Sampel tandan kosong sawit sebanyak 8 g dimasukkan ke dalam labu leher dua dan ditambahkan 400 mL larutan NaOH 2 % (w/v). Campuran direfluks pada suhu 90°C selama 3 jam. Kemudian campuran disaring dan dilakukan uji lignin dengan cara mereaksikan filtrat dengan H₂SO₄ 72 % (v/v). Jika masih terdapat gumpalan pada filtrat, residu dilarutkan kembali dalam larutan NaOH 2 % (w/v) dan direfluks kembali pada suhu 90°C selama 1 jam. Campuran didinginkan dan disaring kembali.

Selanjutnya dilakukan tahap pemutihan (*bleaching*) dengan cara merendam sampel selama 1 jam dalam larutan NaOCl 1 % pada suhu 70°C dengan penambahan 1 g NaOH. Setelah itu campuran disaring, residu kemudian direndam dalam 100 mL larutan NaOH 17,5 % (w/w) selama 30 menit. Campuran disaring kembali dan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Pencucian dilanjutkan dengan menggunakan etanol. Residu dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah dikeringkan, selulosa didinginkan di desikator lalu ditimbang sampai massanya konstan.

Sintesis Komposit Polianilina-Selulosa

Sintesis komposit polianilina-selulosa dilakukan dengan dua variasi yaitu melalui perlakuan awal *swelling* menggunakan DMSO dan tanpa perlakuan awal *swelling*. Proses polimerisasi polianilina mengacu pada penelitian Stejskal and Gilbert (2002).

A. Sintesis Komposit Polianilina-Selulosa melalui Perlakuan Awal *Swelling*

Selulosa sebanyak 0,5 g dilakukan proses *swelling* selama 1 jam dalam 25 ml DMSO. Anilina ditambahkan ke dalam campuran dengan variasi massa yaitu: 0,5 g; 1 g; dan 1,5 g. Campuran diaduk selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian ditambahkan 50 ml larutan HCl 1 M dan dilanjutkan dengan penambahan amonium persulfat (APS) secara perlahan dengan perbandingan mol APS terhadap anilina yaitu 3:4. Campuran diaduk kembali selama 30 menit. Proses polimerisasi dilakukan selama 24 jam pada suhu kamar.

Setelah proses polimerisasi selesai, campuran disaring menggunakan corong *Buchner*. Komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan kemudian dicuci dengan 100 mL larutan HCl 0,2 M dan dilanjutkan dengan 100 mL aseton. Proses pembuatan komposit ini dilakukan dua kali pengulangan. Komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan

dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam dan kemudian disimpan di desikator.

$$X = 100 - \frac{6,85 (V_1 - V_2) \times N \times 20}{A \times W}$$

B. Sintesis Komposit Polianilina-Selulosa tanpa Perlakuan Awal Swelling

Selulosa sebanyak 0,5 g ditambahkan anilin dengan variasi massa yaitu: 0,5 g; 1 g; dan 1,5 g. Campuran diaduk selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian ditambahkan 50 mL larutan HCl 1 M dan dilanjutkan dengan penambahan APS secara perlahan dengan perbandingan mol APS terhadap anilin yaitu 3:4. Campuran diaduk kembali selama 30 menit. Proses polimerisasi dilakukan selama 24 jam pada suhu kamar.

Setelah proses polimerisasi selesai, campuran disaring menggunakan corong *Buchner*. Komposit yang dihasilkan kemudian dicuci dengan 100 mL larutan HCl 0,2 M dan dilanjutkan dengan 100 mL aseton. Proses pembuatan komposit ini dilakukan dua kali pengulangan. Komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan kemudian dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam dan kemudian disimpan di desikator.

dengan X adalah α-selulosa (%), V₁ adalah volume titrasi blanko (mL), V₂ adalah volume titrasi filtrat *pulp* (mL), N adalah normalitas larutan ferro ammonium sulfat, A adalah volume filtrat *pulp* yang dianalisa (mL) dan W adalah berat kering oven contoh uji *pulp* (g).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kandungan α-selulosa dalam selulosa hasil isolasi dari tandan kosong sawit adalah sebesar 92,71 %. Kandungan α-selulosa yang tinggi ini dikarenakan pada proses isolasi dilakukan proses perendaman sampel tandan kosong sawit dalam larutan NaOH 17,5 %. Selain itu, tingginya kandungan α-selulosa juga disebabkan oleh adanya proses *bleaching*. Sumada, *et al.*, (2011) melaporkan bahwa selain untuk mencerahkan sampel, proses *bleaching* juga dapat meningkatkan kadar selulosa alfa yang terdapat pada sampel. Sumada *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa, kualitas selulosa hasil isolasi dapat dilihat melalui penampakan visual yang putih dan cerah. Jika warna selulosa yang dihasilkan semakin putih/cerah maka semakin tinggi kualitas selulosanya. Selulosa yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki warna yang cerah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Selulosa dari Tandan Kosong Sawit

Proses *pulping* yang dilakukan secara bertahap terbukti mampu mendegradasi hampir semua lignin yang terdapat dalam tandan kosong sawit. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui pengujian dengan cara mereaksikan H₂SO₄ 72 % (v/v) dan filtrat hasil proses *pulping*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, pada filtrat hasil *pulping* tahap kedua sudah tidak terdapat endapan coklat yang merupakan ciri dari lignin. Selulosa yang telah diperoleh dari proses isolasi dihitung rendemennya dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa Selulosa}}{\text{Massa Tandan Kosong}} \times 100 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rendemen selulosa sebesar 31,96 %.

Kemurnian selulosa sangat berpengaruh terhadap kualitas selulosa yang dihasilkan. Selulosa yang kurang murni menyebabkan kualitasnya menjadi rendah. Kemurnian selulosa biasanya dinyatakan dengan jumlah α-selulosa (Sumada, *et al.*, 2011). Penentuan jumlah α-selulosa dilakukan dengan proses titrasi (Badan Standarisasi Nasional, 2009). Kandungan α-selulosa dihitung menurut rumus sebagai berikut:

Sintesis dan Penentuan Konduktivitas Komposit Polianilina-Selulosa

Polimerisasi anilina dalam penelitian ini dilakukan secara *in situ* di dalam matriks selulosa dengan menggunakan inisiator APS. Larutan pada awalnya berwarna biru karena polianilina belum terprotonisasi atau masih dalam bentuk *emeraldine base*. Akan tetapi setelah beberapa saat kemudian warna larutan berubah menjadi hijau yang menandakan bahwa polianilina telah terprotoniasi oleh HCl membentuk *emeraldine salt* yang bersifat konduktif.

Pengukuran konduktivitas komposit polianilina-selulosa menggunakan EIS dilakukan dengan menggunakan sinyal gelombang dari potensial AC dengan amplitudo 1 V dan rentang frekuensi dari 20 Hz hingga 2 MHz. Hasil pengukuran tersebut akan menghasilkan data berupa nilai impedansi (Z) dan sudut impedansi (θ). Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai hambatan dengan menggunakan persamaan satu.

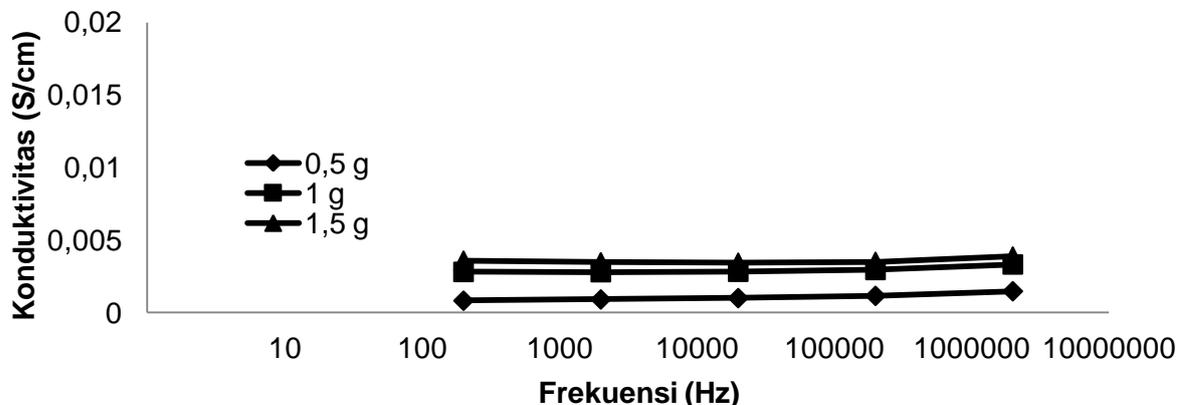
$$Z_R = Z \cos \theta \dots\dots\dots (1)$$

Nilai hambatan tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai konduktivitas melalui persamaan dua.

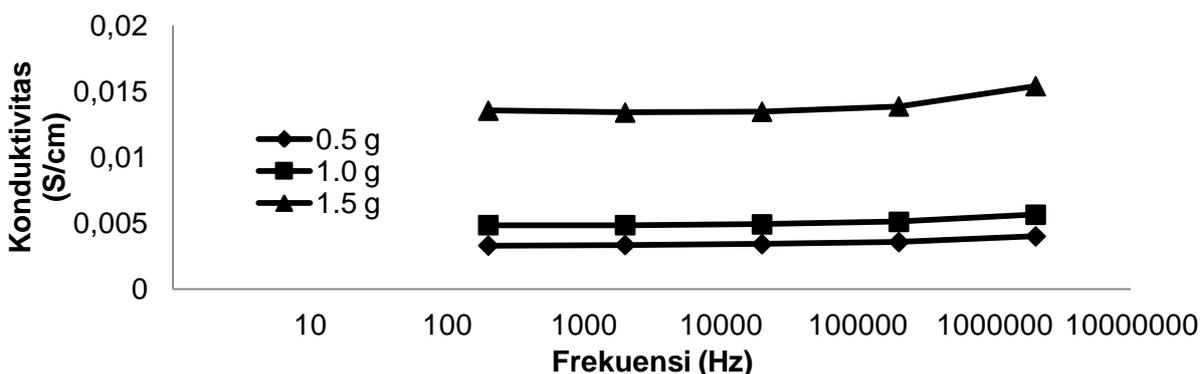
$$\sigma = \frac{1}{Z_R} \frac{l}{A} \dots\dots\dots (2)$$

dengan σ adalah konduktivitas (S/cm); Z_R adalah hambatan (Ω); l adalah ketebalan sampel (cm) dan A adalah luas permukaan sampel (cm²).

Hasil pengukuran konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik frekuensi terhadap konduktivitas komposit polianilina-selulosa melalui perlakuan awal Swelling



Gambar 2. Grafik frekuensi terhadap konduktivitas komposit polianilina-selulosa tanpa perlakuan awal swelling

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa cenderung stabil pada rentang frekuensi 200 Hz - 2 MHz. Hal ini dikarenakan pada rentang frekuensi 200 Hz - 2 MHz, muatan elektron yang mengalir cenderung stabil. Sehingga nilai konduktivitasnya akan cenderung sama pada rentang frekuensi 200 Hz - 2 MHz. Data statistik yang ditunjukkan oleh Tabel 2 menyatakan bahwa nilai F hitung faktor frekuensi pada taraf 5 % yakni 2,29 lebih kecil dari pada F tabel yakni 4,04, sehingga pengaruh faktor frekuensi terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa bersifat tidak nyata dan hipotesis nol diterima. Hal tersebut berarti bahwa perbedaan frekuensi pengukuran tidak mempengaruhi nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan.

Gambar 1 dan Gambar 2 juga menunjukkan bahwa nilai konduktivitas komposit

polianilina-selulosa yang dihasilkan baik melalui proses *swelling* maupun tanpa proses *swelling* cenderung meningkat dengan semakin meningkatnya massa anilina yang digunakan. Menurut Mo *et al.* (2009), jika jumlah anilina yang digunakan semakin besar maka jumlah polianilina yang terbentuk juga akan semakin besar. Meningkatnya jumlah polianilina yang terbentuk akan meningkatkan nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa.

Hasil pengukuran ini bersesuaian dengan data statistik pada Tabel 2. Berdasarkan data statistik tersebut, dapat dilihat bahwa nilai F hitung faktor variasi massa anilina pada taraf 1 % yakni 361,19 lebih besar dibandingkan dengan nilai F tabel yakni 5,42, sehingga hipotesis nol yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh variasi massa anilina terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa ditolak. Hal tersebut berarti bahwa variasi massa anilina yang

digunakan dalam proses pembuatan komposit berpengaruh terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan. Jika Hipotesis nol ditolak, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perbedaan diantara nilai tengah perlakuan variasi massa anilina. Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji beda nyata terkecil atau LSD (*Least Significant Difference*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada komposit yang disintesis tanpa melalui proses *swelling*, nilai selisih rata-rata yakni 0,0065 lebih besar dari pada nilai $LSD_{(0,10)}$ yakni 0,001369. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tengah perlakuan ketiga faktor variasi massa anilina berbeda nyata pada taraf 0,10. Hal tersebut berarti bahwa variasi massa anilina mempengaruhi nilai konduktivitas pada komposit polianilina-selulosa yang disintesis tanpa melalui proses *swelling* sehingga pada grafik frekuensi terhadap konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang disintesis tanpa proses *swelling* tampak memiliki perbedaan yang signifikan antara komposit dengan variasi massa anilina 0,5 g, 1 g dan 1,5 g.

Hasil pengujian pada komposit yang disintesis melalui proses *swelling* menunjukkan bahwa, nilai selisih rata-rata yakni -0,00091 lebih kecil dari pada nilai $LSD_{(0,10)}$ yakni 0,001369. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai tengah perlakuan ketiga faktor variasi massa anilina tidak berbeda pada taraf nyata 0,10. Hal ini berarti bahwa pada komposit polianilina-selulosa yang disintesis melalui proses *swelling* perbedaan massa anilina yang digunakan tidak mempengaruhi nilai konduktivitas secara signifikan, sehingga pada grafik frekuensi terhadap konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang disintesis melalui proses *swelling* tampak perbedaan nilai konduktivitasnya antara ketiga variasi massa anilin sangat kecil.

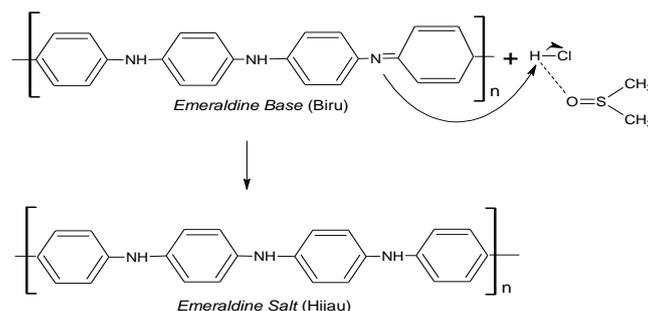
Berdasarkan data statistik dapat dilihat juga bahwa nilai F hitung faktor variasi perlakuan awal pada taraf 1 % yakni 573,02 lebih besar dibandingkan dengan nilai F tabel yakni 7,6, sehingga hipotesis nol yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh variasi perlakuan awal terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa ditolak dan hipotesis alternatifnya diterima. Hal tersebut berarti bahwa terdapat pengaruh faktor variasi perlakuan awal terhadap nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan. Hal ini bersesuaian dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa pada frekuensi 200 Hz – 2 MHz

Variasi massa anilina (g)	Nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa (S/cm)	
	<i>Swelling</i>	Tanpa <i>swelling</i>
0,5	$8,27 \times 10^{-4}$	$3,29 \times 10^{-3}$
	$1,48 \times 10^{-3}$	$3,99 \times 10^{-3}$
1	$2,81 \times 10^{-3}$	$4,85 \times 10^{-3}$
	$3,32 \times 10^{-3}$	$5,64 \times 10^{-3}$
1,5	$3,58 \times 10^{-3}$	$1,35 \times 10^{-2}$
	$3,87 \times 10^{-3}$	$1,54 \times 10^{-2}$

Pengujian lebih lanjut dengan menggunakan LSD menunjukkan bahwa pada komposit polianilina-selulosa dengan variasi massa anilina 0,5 g, variasi perlakuan awal tidak mempengaruhi nilai konduktivitas komposit yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai selisih rata-rata yakni 0,00131 yang bernilai lebih kecil dari nilai LSD yakni 0,001369 pada taraf 0,10. Namun, pada komposit dengan variasi massa anilina 1 g dan 1,5 g, variasi perlakuan awal berpengaruh pada nilai konduktivitas komposit. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai selisih rata-rata yang bernilai lebih besar jika dibandingkan dengan nilai LSD yakni 0,00174 untuk komposit dengan variasi massa anilina 1 g dan 0,01074 untuk komposit dengan variasi massa anilina 1,5 g.

Hasil pengukuran konduktivitas juga menunjukkan bahwa komposit polianilina-selulosa yang disintesis tanpa melalui proses *swelling* memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposit polianilina-selulosa yang disintesis melalui proses *swelling*. Menurut Fu (1996), keberadaan DMSO dapat mengganggu proses protonasi gugus imina pada *emeraldine base*. Hal tersebut dikarenakan atom H dari HCl dapat membentuk ikatan hidrogen dengan DMSO. Sehingga jumlah *emeraldine salt* yang terbentuk dari proses protonasi *emeraldine base* menjadi lebih sedikit. Jika jumlah *emeraldine salt* yang terbentuk sedikit, maka nilai konduktivitasnya akan semakin kecil.



Gambar 3. Mekanisme gangguan proses protonasi polianilina oleh DMSO

Secara keseluruhan, nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa yang dihasilkan dalam penelitian ini berada pada kisaran 10^{-4} - 10^{-2} S/cm. Hasil ini menunjukkan bahwa komposit polianilina-selulosa dari tandan kosong sawit

bersifat semikonduktor. Hal ini mengacu pada Heeger *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa suatu bahan yang nilai konduktivitasnya pada kisaran 10^{-8} sampai 10^2 S/cm digolongkan sebagai bahan yang bersifat semikonduktor.

Tabel 2. ANOVA sintesis komposit polianilina-selulosa

Sumber keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5 %	1 %
Kelompok	1	$7,63 \times 10^{-6}$				
Perlakuan	29	$1,10 \times 10^{-3}$				
Variasi perlakuan awal	1	$3,72 \times 10^{-4}$	$3,72 \times 10^{-4}$	573,02**	4,18	7,6
variasi massa anilina	2	$4,69 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	361,19**	3,33	5,42
frekuensi	4	$5,95 \times 10^{-6}$	$1,49 \times 10^{-6}$	2,29 _{tn}	2,7	4,04
interaksi (variasi perlakuan awal- variasi massa anilina)	2	$2,55 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	196,45**	3,33	5,42
interaksi (variasi perlakuan awal- frekuensi)	4	$8,72 \times 10^{-7}$	$2,18 \times 10^{-7}$	0,33 _{tn}	2,7	4,04
interaksi (variasi massa anilina- frekuensi)	8	$1,19 \times 10^{-6}$	$1,48 \times 10^{-7}$	0,23 _{tn}	2,28	3,2
Interaksi (variasi perlakuan awal- variasi massa anilina-frekuensi)	8	$6,99 \times 10^{-7}$	$8,73 \times 10^{-8}$	0,13 _{tn}	2,28	3,2
Galat	29	$1,88 \times 10^{-5}$	$6,49 \times 10^{-7}$			
Total	59	$1,13 \times 10^{-3}$				

*) sangat nyata pada $\alpha = 0.01$; tn) tidak nyata pada $\alpha = 0.05$

SIMPULAN

Hasil pengukuran konduktivitas menunjukkan bahwa komposit polianilina-selulosa dari tandan kosong sawit bersifat semikonduktor. Nilai konduktivitas paling tinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi massa anilina 1,5 g yakni yakni $1,35 \times 10^{-2}$ – $1,54 \times 10^{-2}$ S/cm untuk komposit yang disintesis tanpa perlakuan awal *swelling* dan $3,58 \times 10^{-3}$ – $3,87 \times 10^{-3}$ S/cm untuk komposit yang disintesis melalui perlakuan awal *swelling*. Hasil pengukuran konduktivitas juga menunjukkan bahwa nilai konduktivitas komposit polianilina-selulosa tanpa perlakuan awal *swelling* lebih tinggi dibandingkan dengan komposit polianilina-selulosa yang disintesis melalui perlakuan awal *swelling*.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2009, Pulp-Cara Uji Kadar Selulosa Alfa, Beta dan Gamma, SNI 0444: 2009.
 Feng, W., Bai, X.D.; Lian, Y.Q., Liang, J., Wang, X.G. and Yoshino, K., 2003, Well-Aligned Polyaniline/Carbon Nanotube Composite Films Grown by in-Situ Aniline Polymerization, *Carbon*, 41: 1551 - 1557

Fu, Y., 1996, Protonation of Polyaniline with Lightly Sulfonated Polystyrene, *J. Macro. Rapid. Com.*, 17: 487 – 492
 Hamisan, A.F., Abd-Aziz, S., Kamaruddin, K., Shah, U.K., Shahab, N. and Hassan, M.A., 2009, Delignification of Oil Empty Fruit Bunch Using Chemical and Microbial Pretreatment Methods, *J. Agri. Res.*, 4: 250 - 256
 Heeger, J.A., Macdiarmid, A. and Shirikawa, H., 2000, Conductive Polymer, The Nobel Prize in Chemistry, Swedia.
 Hidayat, F., 2011, Sintesis Komposit PANI-Selulosa dengan Modifikasi Perlakuan Awal pada Selulosa, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak,
 Li, Jian., Xueren, Q., Wang, L. and An, X.H., 2010, XPS Characterization and Percolation Behavior of Polyaniline-Coated Conductive Paper, *J. Bio. Tech.*, 5: 712 - 726
 Mo, Z., Zhao, Z., Chen H., Niu, G., and Shi, H., 2009, Heterogenous Preparation of Cellulose-Polyaniline Conductive Composites with Cellulose Activated by Acids and its Electrical Properties, *J. Carbo. Pol.*, 75: 660 - 664

- Padil, 2010, Proses Pembuatan Nitroselulosa Berbahan Baku Biomassa Sawit. Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Rubler, A.; Sakakibara, K. and Rosenau, T., 2011, Cellulose as Matrix Component of Conducting Films, *J.Cell.*, 6: 1007 - 1057.
- Sumada, K., Tamara, P.E. dan Alqani, F., 2011, Kajian Proses Isolasi α -Selulosa dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz yang Efisien, *J. Tek. Kim.*, 5: 434 - 438
- Stejskal, J and Gilbert, R.G, 2002, Polyaniline Preparation of A Conducting Polymer, *J. Pure Appl. Chem.*, 74: 857 – 867