

Pengaruh penambahan selulosa terhadap kinerja material sensor kelembaban berbasis polianilin

N Widiyanti¹, N P Putri^{1, a}

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya
Kampus Ketintang, Jl. Ketintang Surabaya 60231, Indonesia

^anugrahaniprimary@unesa.ac.id

Abstract. Komposit PANi/Selulosa sebagai alternatif material sensor kelembaban telah berhasil disintesis dengan metode insitu menggunakan bahan dasar monomer anilin dan serbuk selulosa. Polianilin disintesis menggunakan metode interfasial dengan larutan chloroform sebagai fasa organik dan selulosa dihasilkan dari ekstraksi tumbuhan eceng gondok dengan metode kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik polianilin sebagai material sensor kelembaban dan pengaruh penambahan selulosa terhadap kinerja material sensor kelembaban udara berbasis polianilin dari hasil pengujian resistansi material sensor kelembaban. Variasi penambahan selulosa yang digunakan adalah 0,3; 0,4; dan 0,5 gram. Polianilin dan komposit PANi/Selulosa telah berhasil disintesis, yang dapat diketahui dari hasil karakterisasi FTIR dan XRD bahwa terdapat bilangan gelombang fasa polianilin pada komposit PANi/Selulosa. Morfologi polianilin adalah gumpalan-gumpalan sedangkan selulosa berupa serabut. Hasil pengukuran resistansi menunjukkan bahwa komposit PANi/Selulosa memiliki nilai resistansi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan PANi, sehingga dengan penambahan selulosa dapat meningkatkan sensitivitas material sensor kelembaban.

1. Pendahuluan

Eceng gondok merupakan tumbuhan gulma yang dapat mengganggu kehidupan biota air. Pertumbuhan tanaman eceng gondok berjalan dengan sangat pesat, yang dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif yang ditimbulkan tumbuhan eceng gondok antara lain mengurangi jumlah oksigen di perairan dan sebagai tempat berkembangbiaknya serangga. Selain dapat menimbulkan dampak negatif, tumbuhan eceng gondok juga memiliki manfaat yaitu kandungan tumbuhan eceng gondok yang mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 60%, dan kandungan lain berupa 8% hemiselulosa serta 17% lignin (1). Selulosa didefinisikan sebagai karbohidrat dalam jumlah besar yang terkandung pada lapisan dinding sel sebagian besar tumbuhan. Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang bersifat hidrofilik (suka air) dan memiliki sifat adsorpsi yang bagus.

Polianilin merupakan salah satu polimer konduktif yang terbentuk dari monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) yang memiliki sifat mudah untuk disintesis, kestabilan yang tinggi terhadap lingkungan, mudah diubah konduktivitasnya dengan cara doping dan hidrofilik (tidak suka air) (2). Sintesis polianilin menggunakan metode polimerisasi interfasial dapat menghasilkan polianilin dalam ukuran yang lebih kecil atau nanofiber.

Kelembaban udara adalah jumlah uap air di udara (atmosfer). Kelembaban udara adalah faktor yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Tingkat kelembaban udara yang tinggi dapat menyebabkan berkembangbiaknya mikroorganisme yang merugikan, namun kelembaban udara yang rendah juga tidak baik bagi tubuh manusia. Sensor kelembaban adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban udara. sebuah peralatan yang mampu mendeteksi keberadaan dan mengukur kandungan uap air di udara. Polianilin dapat digunakan sebagai material sensor kelembaban karena memiliki nilai konduktivitas yang baik, seperti penelitian yang dilakukan oleh Lin *et al.*, (2012), namun karena polianilin bersifat hidrofobik sehingga harus dikompositkan dengan material yang bersifat hidrofilik atau suka air. Selulosa merupakan material yang bersifat hidrofilik, sehingga dapat meningkatkan sensitivitas sensor kelembaban berbasis polianilin. Penelitian yang dilakukan oleh Shukla (2012) menggunakan polianilin dan selulosa yang berasal dari pulp kayu sebagai material sensor kelembaban. Penelitian ini menggunakan polianilin sebagai material sensor kelembaban yang dikompositkan dengan selulosa yang berasal dari eceng gondok dan dilapiskan pada papan PCB. Uji material sensor kelembaban dengan pengukuran resistansi material sensor kelembaban yang diletakkan pada medium dengan tingkat kelembaban tertentu.

2. Metode

2.1. Sintesis Polianilin dengan Metode Polimerisasi Interfasial

Sebanyak 1 ml anilin dilarutkan kedalam 50 ml larutan chloroform dan pada saat yang bersamaan, sebanyak 0,6 gram ammonium peroksidisulfat $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$ dilarutkan kedalam 50 ml HCl 1 M. Setelah itu kedua larutan dicampurkan tanpa diaduk, kemudian ditambah 5 ml aseton. Setelah itu dibiarkan selama 24 jam. PANi yang mengendap disaring dengan kertas saring, lalu dilakukan pencucian dengan aquades. Polianilin emeraldine salt (ES) dikeringkan di dalam oven pada temperatur 60°C selama 20 jam.

2.2. Ekstraksi Selulosa dengan Metode Kimia

Preparasi eceng gondok bagian batang, pembersihan yaitu pencucian dengan air, pengeringan selama 3 hari dibawah sinar matahari, preparasi serat eceng gondok yaitu batang eceng gondok yang telah kering diblender dan diayak. Proses berikutnya adalah menghilangkan kandungan lilin (*dewaxing*) dengan pemanasan menggunakan *soxhlet apparatus* selama 6 jam dengan pelarut ethanol dan toluena. Lalu melakukan proses pemutihan (*bleaching*) menggunakan pelarut *Hydrogen Peroxide* (H_2O_2) 3 wt%, dilanjutkan dengan perendaman di *waterbath* selama 3 jam pada suhu 80°C . Setelah selesai kemudian menghilangkan hemiselulosa dengan NaOH 4 wt% dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 4 jam pada suhu 60°C . Untuk menghilangkan lignin (*delignifikasi*) direaksikan dengan pelarut *Hydrogen Peroxide* (H_2O_2) 3 wt% dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 3 jam pada suhu 80°C . Langkah berikutnya adalah pemberian NaOH 4 wt% dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 4 jam pada suhu 60°C . Serat selulosa murni yang didapatkan dipanaskan dibawah sinar matahari selama 2 hari.

2.3. Sintesis Komposit PANi/Selulosa

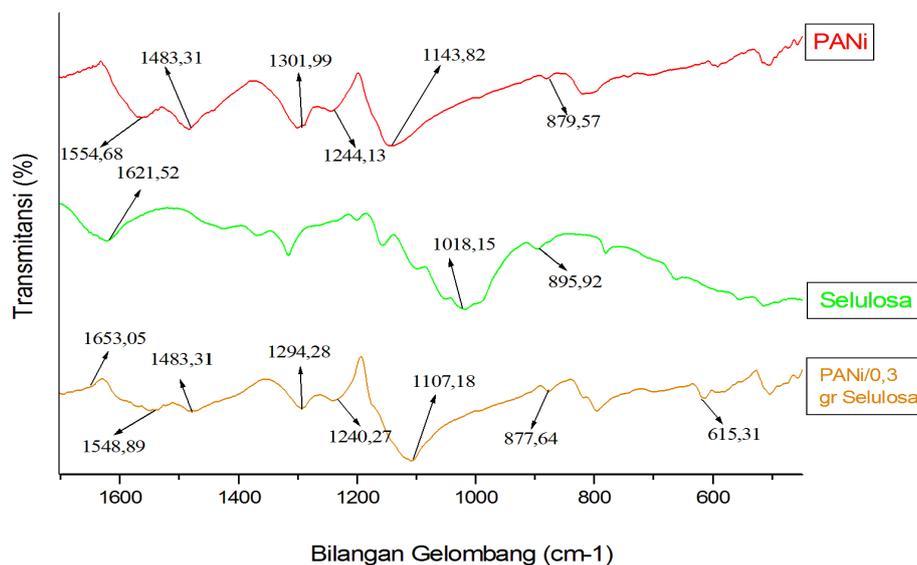
Selulosa dengan variasi berat yaitu 0,3-0,5 gram ditambahkan ke dalam 1,82 ml anilin dilarutkan kedalam 50 ml larutan HCl 1M dan diaduk (*stirring*) selama 4 jam. Pada saat yang bersamaan, sebanyak 5,71 gr ammonium peroksidisulfat $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$ dilarutkan kedalam 50 ml aquades dan dibiarkan selama 4 jam. Setelah itu kedua larutan dicampurkan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam dengan kondisi suhu es (menggunakan *icebath*) dengan cara larutan ammonium peroksidisulfat $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$ diteteskan sedikit demi sedikit hingga habis. Kemudian dibiarkan selama 24 jam untuk terjadinya polimerisasi. Endapan PANi-selulosa yang didapat kemudian disaring dan dicuci dengan aquades dan metanol. PANi-selulosa yang didapatkan dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven selama 24 jam.

2.4. Karakterisasi

Uji karakterisasi FTIR menggunakan Shimadzu FTIR spectrometer. Uji karakterisasi XRD dilakukan di Teknik Material dan Metalurgi ITS, sedangkan uji karakterisasi SEM EDX dilakukan di BPTBA LIPI Yogyakarta. Pengujian material yang digunakan sebagai material sensor kelembaban, Polianilin dan komposit PANi/Selulosa dilarutkan dalam 2% DMF, kemudian dilakukan pelapisan pada substrat PCB menggunakan metode *spin coating*. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi material sensor kelembaban menggunakan multimeter pada medium dengan tingkat kelembaban tertentu.

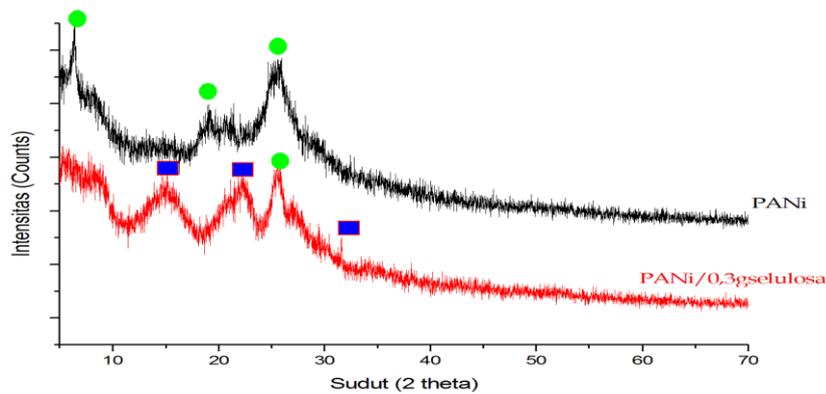
3. Hasil dan Pembahasan

Pencocokan gugus fungsi PANi, selulosa, dan komposit PANi/Selulosa seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Bilangan gelombang PANi hasil sintesis adalah $879,57 \text{ cm}^{-1}$ (ikatan C-H), $1143,82 \text{ cm}^{-1}$ (ikatan C-N *stretch of benzoid ring*), $1244,13$ dan $1301,99 \text{ cm}^{-1}$ (ikatan C - N *stretch of Q - B - Q*), $1483,31 \text{ cm}^{-1}$ (ikatan C=C *benzoid ring stretch (N - B - N)*), $1554,68 \text{ cm}^{-1}$ (ikatan C=C *stretch of qunoid ring*). Pada komposit PANi/selulosa terjadi pergeseran bilangan gelombang yang terdapat pada rentang bilangan gelombang PANi yaitu $615,31$, $1240,27$, $1294,28$, $1548,89 \text{ cm}^{-1}$. Bilangan gelombang selulosa hasil sintesis adalah $1621,52 \text{ cm}^{-1}$ (Ikatan O-H dari penyerapan air), $1018,15 \text{ cm}^{-1}$ (Regangan C-O dan vibrasi C-H pada selulosa), $865,13 \text{ cm}^{-1}$ (Regangan C-O dan vibrasi C-H pada selulosa). Karakteristik dari bilangan gelombang selulosa sebesar $1651,61 \text{ cm}^{-1}$ juga terlihat pada komposit PANi/selulosa yaitu pada bilangan gelombang $1653,05 \text{ cm}^{-1}$ (vibrasi Ikatan O-H dari penyerapan air). Pergeseran bilangan gelombang PANi dan selulosa pada komposit PANi/Selulosa menunjukkan telah terjadinya reaksi antara PANi dan selulosa pada komposit PANi/Selulosa.



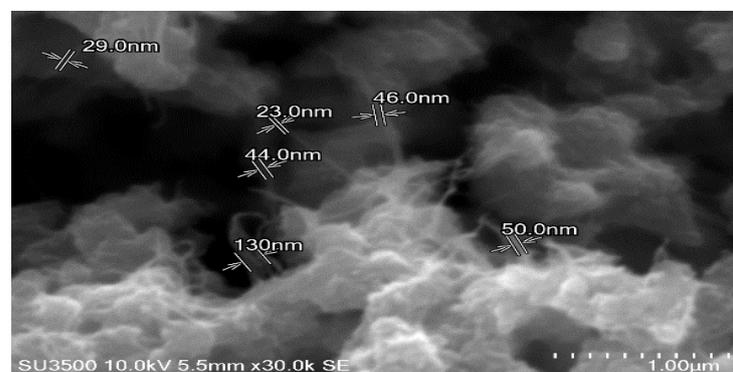
Gambar 1. Hasil FTIR PANi, Selulosa, dan Komposit PANi/Selulosa.

Hasil uji XRD polianilin dan komposit PANi/Selulosa terlihat pada Gambar 3.2. Pola difraksi partikel PANi pada sudut 2θ terlihat pada $6,41^\circ$, $19,16^\circ$, dan $25,77^\circ$. Sedangkan, puncak difraksi sudut 2θ untuk komposit PANi/0,3 gram selulosa terlihat pada $14,76^\circ$, $22,30^\circ$, $25,67^\circ$, $31,61^\circ$, dan hasil XRD komposit PANi/0,3 gram selulosa diatas terlihat adanya bentuk peak pada sudut 2θ PANi, yang membuktikan telah terjadinya penggabungan antara puncak partikel PANi dan partikel Selulosa. Dari hasil difraksi XRD diatas terdapat tiga *peak* pada sudut 2θ yang tidak terdapat pada partikel PANi yaitu $14,7^\circ$, $22,3^\circ$ dan $31,6^\circ$. *Peak* tersebut teridentifikasi sebagai *peak* dari partikel selulosa seperti pada penelitian sebelumnya oleh Kaitsuka *et al.*, (2016).



Gambar 2. Hasil XRD PANi dan komposit PANi/Selulosa.

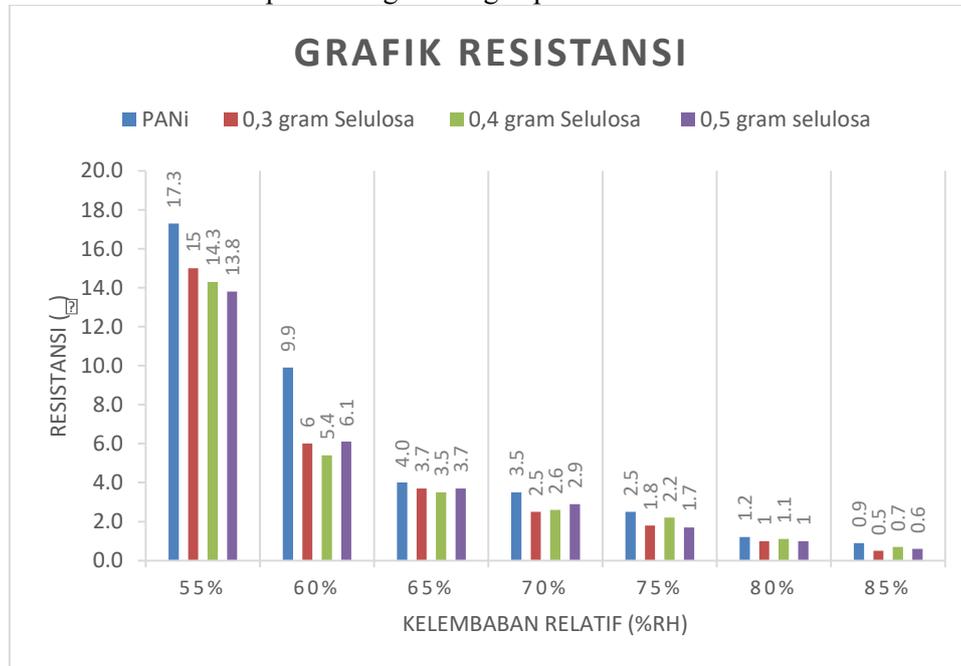
Hasil uji SEM terlihat pada Gambar 3.3 yang menunjukkan morfologi permukaan komposit PANi/Selulosa di 15 kV. Dari hasil uji tersebut dapat dilihat bahwa permukaan pada sampel komposit PANi/Selulosa memiliki gumpalan serta beberapa rongga atau ruang kosong. Rongga atau ruang kosong terbentuk karena sampel komposit PANi/Selulosa masih sedikit lembab meskipun telah divakum, jadi masih ada udara yang terperangkap didalam sampel ketika uji SEM. Serabut-serabut putih yang terlihat baik dipermukaan gumpalan-gumpalan maupun yang menghubungkan gumpalan satu dengan gumpalan yang lain merupakan selulosa yang berbentuk serabut. Sedangkan gumpalan-gumpalan yang terlihat merupakan PANi. Dapat terlihat bahwa gumpalan-gumpalan terlihat lebih banyak daripada serabut-serabut, karena memang sampel komposit PANi/Selulosa didominasi oleh PANi. Jadi sintesis insitu menggunakan medium *icebath* dapat menghasilkan komposit PANi/Selulosa dalam ukuran nano, dengan rata-rata ukuran selulosa adalah 53,6 nm, sedangkan untuk rata-rata ukuran polianilin adalah 365.698 nm.



Gambar 3. Hasil uji SEM EDX komposit PANi/0,3 gram Selulosa.

Hasil uji resistansi material sensor kelembaban udara terlihat pada Gambar 3.4. Medium yang digunakan dengan kelembaban udara tertentu diukur pada 7 tingkat kelembaban yang berbeda, yaitu antara 55%-85%. Dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya nilai kelembaban maka nilai resistansi akan semakin menurun. Hal ini terjadi karena ketika kelembaban udara semakin tinggi maka uap air atau molekul air yang terkandung di udara akan semakin banyak. Sebaliknya jika kelembaban udara rendah, maka uap air yang terkandung diudara juga rendah. Penurunan terjadi karena molekul air yang terkandung di udara akan terionisasi menjadi ion H^+ dan OH^- , pertukaran dari ion-ion ini yang akan menyebabkan nilai resistansinya menurun (4). Sehingga ketika kelembaban udara meningkat maka jumlah molekul air yang terionisasi juga akan meningkat sehingga resistansinya akan menurun. Sampel PANi tidak mudah untuk menyerap air, jadi molekul uap air yang terionisasi di dalam sampel rendah dan menyebabkan sampel PANi memiliki nilai resistansi yang paling tinggi. Komposit

PANi/Selulosa memiliki nilai resistansi yang lebih rendah dari resistansi sampel PANi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan selulosa dapat memperbaiki sifat hidrofobik PANi. Jadi uap air yang tertempel pada sampel semakin banyak, yang akan terionisasi menjadi ion H^+ dan OH^- , pertukaran dari ion-ion ini yang akan menyebabkan nilai resistansinya menurun. Dari hasil di atas, sensitivitas sensor kelembaban dapat meningkat dengan penambahan selulosa.



Gambar 4. Hasil uji resistansi material sensor kelembaban.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan selulosa pada material sensor kelembaban berbasis polianilin dapat meningkatkan sensitivitas sensor. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai resistansi komposit PANi/Selulosa lebih rendah dari nilai resistansi polianilin.

Referensi

- [1] A F Abdel-Fattah dan M A Abdel-Naby 2012 *Carbohydr. Polym.* **87 (3)** 2109
- [2] Kertati S 2008 *Sintesis dan Karakterisasi Polianilin dari Anilinum Asetat dan Anilinum Propionat serta Aplikasinya sebagai Sensor Uap Amonia* (Depok: Universitas Indonesia)
- [3] Kaitsuka Y, Hayashi N, Shimokawa T, Togawa E dan Goto H 2016 *Polymers* **8 (2)** 40
- [4] Mandela R dan Muttaqin A 2016 *J. Fis. Unand.* **5 (2)** 193
- [5] Putri N P, Kusumawati D H, Widiyanti N dan Munasir 2018 *J. Phys. Conf. Ser.* **997** 012009
- [6] Shukla S K 2012 *Indian J. Eng. Mater. S.* **19 (6)** 417
- [7] Lin Q, Li Y dan Yang, M 2012 *Sens. Actuators B-Chem.* **161 (1)** 967