

# STUDI AWAL POTENSI KOMPOSIT SELULOSE BAKTERIA-POLIANILIN SEBAGAI SUBSTRAT SEL SURYA

Dini Cahyandari, Ahmad Solichan, Toni Prasetyo  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, [dinimutiara16@yahoo.com](mailto:dinimutiara16@yahoo.com)

## ABSTRACT

In recent decades, alternative energy from solar cell was investigating by many researcher because it can use as energy substitutes petrol and reduces green house effects. Nowadays, reduces petrol subsidized effect on increased prices of petrol. That is the reason why study on solar cell is important. Dye sensitized solar cell is one of simple technology to use solar energy became electricity. Polyanilin is one of polimer that is electricity conductor. Bacteria cellulose can use as template of polyanilin to polymerisation. SEM and FT-IR investigation shows that composites of bacterial cellulose-polyanilin polymerisation well on bacterial cellulose fiber that sintesized from nata de cassava.

Keywords : Bacterial cellulose, Polyaniline, SEM, FTIR, polimerisation

## Pendahuluan

Pada saat ini energi alternatif yang dihasilkan dari sel surya sedang banyak diteliti untuk menggantikan energi yang berasal dari minyak bumi dan mengurangi efek rumah kaca yang diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar minyak yang berlebih. Pada saat ini bersamaan dengan pengurangan subsidi bahan bakar minyak yang berakibat naiknya harga bahan bakar minyak maka penggunaan energi alternatif yang bersumber dari sumber daya alam yang dapat diperbarui termasuk diantaranya sel surya sangat mendesak. Pada saat ini rekayasa sel surya masih terbentur dengan bahan baku sel surya yang masih impor dan harganya masih mahal. Sehingga upaya memanfaatkan sumber daya alam kita untuk rekayasa sel surya sangat penting dilakukan. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang rekayasa sel surya yang berbahan dasar komposit dari nata de cassava-polianilin. Sehingga rekayasa material komposit polimer dan sifat fisik yang dimiliki sangat perlu untuk diteliti. Polimer konduktif telah menjadi topik bagi banyak penelitian selama satu dekade terakhir karena sifatnya yang unik seperti kekuatan mekanik, konduktifitas listrik, korosi, dan stabilitas.

Penelitian ini dapat memperkuat Sistem Inovasi Nasional karena negara kita adalah negara tropis dimana cahaya matahari sangat berlimpah sehingga dapat dimanfaatkan menjadi listrik sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Jika kita dapat menguasai teknologi ini maka kita dapat menghemat sebagian kebutuhan kita akan bahan bakar minyak yang sangat ini dirasakan sangat membebani belanja negara. Penggunaan bahan nata de cassava yang notabene adalah bahan yang diolah dari limbah tapioka diharapkan dapat menghemat biaya produksi.

Polianilin adalah polimer konduktif elektroaktif yang dikenal sangat mudah dibentuk dan stabil di lingkungan. Aniline dapat dipolimerisasi menjadi polianilin dengan polimerisasi secara kimia dan elektro kimia. Konduktivitas polianilin dapat dirubah dengan doping/dedoping dan oksidasi/reduksi, dari  $10^{-8}\text{Sm}^{-1}$  (sebagai isolator) menjadi  $10^2\text{Sm}^{-1}$  (sebagai konduktor). Polimer konduktif elektroaktif seperti polianilin diaplikasikan untuk konduktor listrik, baterai, sensor kimia dan biologis, aktuator, pelindung elektromagnetik, pelapis antistatik, pelindung korosi, alat elektro optik. Sifat listrik, elektrokimia, dan optik yang unik polianilin juga dapat digunakan untuk material perawatan kesehatan dari rekayasa jaringan sampai penyaluran obat, dari regenerasi syaraf sampai implan cerdas. Dari kesemua aplikasi tersebut menunjukkan peluang penggunaan polianilin.

Bacterial cellulose (BC) adalah sejenis selulose yang dihasilkan dari mikro organisme. Salah satunya adalah *Gluconacetobacter xylinum*. Berbagi dengan unit struktural yang sama, BC tidak hanya mempunyai sifat yang sama dengan selulose pada umumnya yang dihasilkan oleh tumbuhan, namun juga mempunyai sifat khusus. Sifat khusus dari BC adalah kemurnian kimiawi dan kristalinitas yang tinggi, derajat polimerisasi yang tinggi biokompatibel yang bagus serta biodegradabilitas yang tinggi. Sifat-sifat inilah yang menumbuhkan peluang komersialisasi serat bacterial cellulose dalam beragam pangsa pasar termasuk makanan sehat, komponen audio canggih, kertas khusus, dan perawatan terhadap luka. Yang paling penting adalah BC adalah

polimer alam hidrogel dimana berbentuk jaringan tiga dimensi dan menyerap banyak air. Hidrogel BC fleksibel dan mempunyai sifat mekanik yang bagus dan dapat merubah ukuran dan bentuk karena pengaruh lingkungan. Selanjutnya BC juga dapat menyerap monomerik yang lain, monomer yang reaktif dan berpotensi mempolimerisasi ke dalam jaringannya menempati celah volume dan berinteraksi dengan rantai serat BC.

Nata de cassava adalah bacterial cellulose yang dihasilkan dari fermentasi limbah cair tepung tapioka. Selama ini limbah cair tepung tapioka dibuang ke lingkungan yang dapat mencemari sekeliling. Limbah cair tepung tapioka merupakan sumber carbon dan nitrogen yang dapat digunakan sebagai medium pembuatan nata de cassava. Pemberian nama bacterial cellulose tergantung medium yang digunakan diantaranya nata de coco digunakan untuk BC yang dihasilkan dari air kelapa, demikian juga dengan nata de pina untuk BC yang dihasilkan dari nanas.

Gredzel dkk, 2003 menyebutkan bahwa metode dye-sensitized terbukti secara teknis dan ekonomis kredibel dijadikan alternatif fotovoltaiik *p-n junction*. Berbeda dengan sistem konvensional dimana semikonduktor diasumsikan sebagai penyerap cahaya dan pengangkut arus terpisah, maka pada sistem dye-sensitized solar cells cahaya diserap oleh sensitizer yang berakhir di semi konduktor yang luas. Pemisah arus berada pada interface melalui injeksi elektron sinar-induksi dari dye ke pita konduksi padat. Pengangkut membawa pita konduksi semikonduktor ke penampung arus. Penggunaan sensitizer diharapkan mempunyai daerah penyerapan yang luas dengan menggunakan film oksida berukuran nanokristal untuk mengumpulkan sinar yang banyak. Pada saat ini konversi quantitaf photon menjadi arus listrik dicapai dari UV ke daerah mendekati IR. Efisiensi konversi Semua sinar matahari ke arus (IPCE) mendekati 10% telah dicapai. Sehingga merupakan prospek yang bagus untuk menghasilkan sel surya berbasis dye sensitizer yang berharga murah jika dibandingkan dengan sel surya konvensional.

Lia Muliani dkk, 2012 telah meneliti pembuatan sel surya berbasis dye sensitized menggunakan substrat fleksibel. Pada penelitian ini substrat fleksibel yang digunakan adalah ITO-PET resistansi 60 ohm/sq. Lapisan foto elektroda TiO<sub>2</sub> menggunakan pasta TiO<sub>2</sub> yang dideposisi menggunakan teknik doctor blade printing dan pewarna N719 sebagai dye sensitizer. Counter elektroda platina dideposisi menggunakan teknik sputtering.

J. Vivekanandan dkk, 2011, meneliti sintesa, karakterisasi dan konduktivitas polianilin dengan metode oksidasi kimia dan elektrokimia, menggunakan oksidan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> pada variasi voltage diperbandingkan dengan sintesa oksidatif.

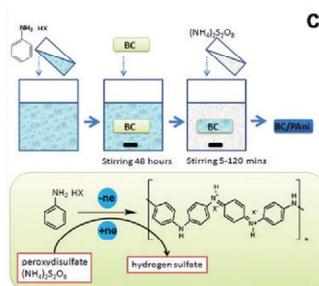
Pandi Gajendran dkk, 2008 meneliti material komposit polianiline-carbon nanotube, menggunakan metode polimerisasi kimiawi dan deposisi elektrokimia. Struktur dan propertis komposit ini telah diteliti dengan bebeapa teknik yang berbeda termasuk absorpsi, infrared, raman, X-ray photoelectron spectroscopy, scanning electron dan scanning probe microscopy, cyclic voltametry dan thermogravimetri. Hasil penelitian menunjukkan indikasi interaksi antara PANI dan CNTs.

Elham Ghadiri, 2010 meneliti peningkatan efisiensi pengumpulan elektron pada panelsolar berbasis dye-sensitized dengan menggunakan serat TiO<sub>2</sub> tabung. Serat TiO<sub>2</sub> tabung struktur nano dipersiapkan dengan serat selulose alam sebagai template. Pemrosesan material yang mudah dan murah digunakan untuk menghasilkan photoanoda berpori yang menyatu dengan solar sel dye-sensitized dan menunjukkan peningkatan yang signifikan jika dibandingkan dengan film mesoscopic yang terbuat dari nanopartikel spherical.

Pada penelitian ini difokuskan pada pembuatan material komposit substrat sel surya dye sensitized yang berbahan dasar nata de cassava dengan pengaktifan menggunakan polimer polyaniline.

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian dilakukan di laboratorium kemudian data yang didapat dianalisa. Adapun skema penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram proses penelitian komposit BC-Polyaniline

## Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah selulose bakteri yang disintesa dari nata de cassava yang diperoleh dari Industri nata de cassava di Desa pundong Kabupaten Bantul Yogyakarta, Anilin ( $C_6H_5NH_2$ )- Merck, Asam klorida (HCl)- Merck, Aquades, Ammonium peroxydisulfat ( $(NH_4)_2S_2O_8$ )-Merck.

## Sintesa lembaran Selulose bakteri

Sintesa selulose bakteri menggunakan bibit *Acetobacter xylinum*. Medium terdiri dari air tapioka (ketela), ditambah gula 1% dan 0.5 % ZA direbus sampai mendidih untuk membunuh kuman. Ditambahkan asam acetat untuk menstabilkan pH pada angka 3. Kemudian setelah mendidih, medium dituang ke dalam nampan yang sudah ditutup kertas koran untuk menjaga kebersihannya. Setelah dingin selanjutnya bibit nata de casava dituang dengan perbandingan 1:6 untuk bibit nata de cassava. Nata de cassava di penen setelah 15 hari dengan ketebalan sekitar 10 mm.

Gel nata de cassava yang dihasilkan dicuci pada air yang mengalir kemudian direndam dalam larutan NaOH 2% selama 12 jam untuk menghilangkan kotoran yang terjebak pada ruang antar serat selulose bakteri.

Setelah direndam dengan NaOH langkah selanjutnya adalah mencuci dalam air yang mengalir. Selanjutnya dikurangi kandungan airnya dengan mengepres pada tekanan kecil. Setelah ketebalan sekitar 1 mm kemudian lembaran selulose bakteri di rendam dalam alkohol untuk meningkatkan kohesifitas serat selulose bakteri.

## Sintesa Komposit Selulose bakteri-polianilin

Anilin di larutkan dalam 0.5M HCl dengan diaduk selama 1 jam. Selanjutnya lembatan serat selulose bakteri direndam dalam larutan anilin hidroklorit selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah membuat larutan amonium peroxydisulfat dalam aquades diaduk selama satu jam. Selanjutnya larutan dituang ke dalam anilin hidroklorit yang sudah ada lembaran selulose bakteri. Diaduk dengan waktu 15 menit.

## Karakterisasi

Komposit selulose bakteri-polianilin dianalisa gugus fungsional yang ada dengan menggunakan fourier Transform Infra Red (FT-IR) Spectroscopy. Analisa dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM dengan menggunakan SHIMADSU FT-IR. Selanjutnya komposit selulose bakteri-polianilin diamati dengan Scanning Electron Microscopy dilakukan di LPPT UGM.

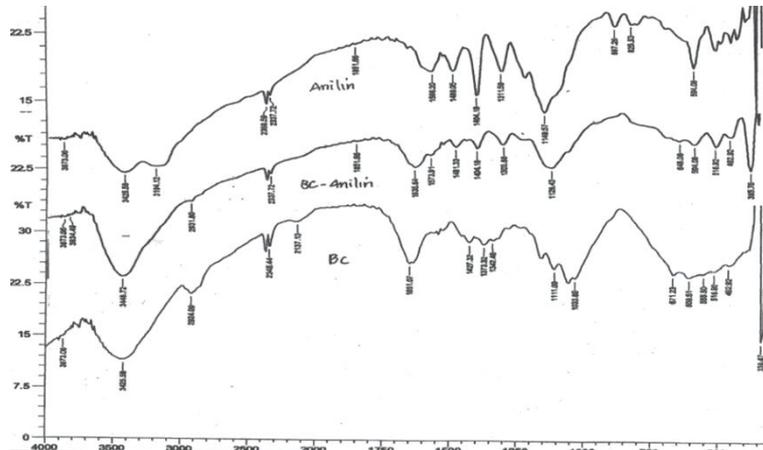
## Hasil dan Pembahasan

Radiasi sinar infra merah yang masuk ke polimer konduktif berinteraksi dengan eksitasi getaran bahan dan pembawa bebas pada struktur elektroniknya. Beberapa interaksi terjadi disini diantaranya absorpsi pembawa bebas (free-carrier adsorbption), eksitasi yang melintasi energi gap, transisi eksitasi, atau hamburan cahaya oleh elektron bebas dan yang dipantulkan dalam spectrum FT-IR.

Metode pengukuran sangat mempengaruhi hasil spektrum. Kualitas spektrum tergantung pada sediaan dan kondisi alat. Prinsip utama spektrum infra merah adalah penyerapan radiasi infra merah oleh suatu senyawa. Untuk setiap senyawa memiliki penyerapan radiasi infra merah yang khas sehingga dapat digunakan untuk identifikasi senyawa tertentu.

Radiasi infra merah yang paling banyak digunakan berada pada panjang gelombang 4000-690  $\text{cm}^{-1}$  yang disebut sebagai daerah infra merah tengah.

Frekuensi atau panjang gelombang absorpsi bergantung pada massa atom relatif atom-atom dalam gugus fungsional molekul, tetapan gaya dari ikatan antar atom dan struktur geometri molekul secara keseluruhan. Pemanfaatan FT-IR ini didasarkan pada letak pita karakteristik vibrasi dari gugus atom tertentu yang selalu muncul pada frekuensi yang sama atau berdekatan meskipun struktur molekulnya berbeda. Pita karakteristik ini memberi informasi penting tentang struktur geometri molekul yang diselidiki.



Gambar 2. Grafik FT-IR selulose bakteri, komposit selulose bakteri-polianilin, polianilin

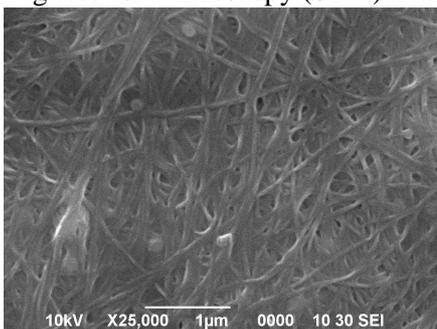
Karakterisasi spektroskopi infra merah bertujuan untuk melihat gugus fungsional sampel polianilin yang disintesis. Gambar 11 memperlihatkan spektrum infra merah sampel polianilin dengan puncak-puncak absorpsi karakteristik polianilin yang bersesuaian dengan gugus fungsional polianilin. Lebih terperinci karakteristik masing-masing gugus fungsional dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik gugus fungsional dari selulose bakteri, polianilin dan komposit selulose bakteri-polianilin.

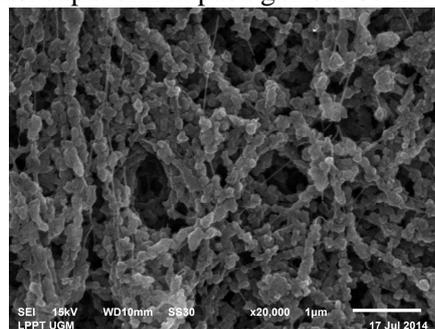
Nomor gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Karakteristik ikatan gugus fungsional
1126,43	Strech C=N cincin quionoid terprotonasi dipercaya sebagai puncak karakterisasi dan justifikasi konduktivitas polianilin
1481,33	Cincin – cincin N-B-N benzoid sebagai backbone polianilin
1573,91	Vibrasi stretching C=C dari cincin quionoid N=Q=N sebagai backbone polianilin

Dari hasil spektroskopi terlihat bahwa polianilin yang berada pada serat-serat selulose bakteri agak berkurang ketajaman stretch C=N nya jika dibandingkan dengan serbuk polianilin.

Morfologi komposit selulose bakteri-polianilin dikarakterisasi dengan menggunakan scanning electron microscopy (SEM). Hasil karakterisasi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



(a) selulose bakteri dari nata de cassava



(b) komposit selulose bakteri-polianilin

Gambar 3. Pengamatan SEM komposit selulose bakteri-polianilin

Serat selulose bakteri kering diperoleh dari pengepresan selulose bakteri dengan 1-2 MPa dengan kekuatan tarik mencapai 180 MPa. Gambar 3a SEM menunjukkan struktur jaring-jaring serat selulose bakteri. Komposit polianilin dipersiapkan dengan cara oksidasi anilin dengan ammonium persulfate sebagai oksidan dalam media larutan asam. Serat selulose dimasukkan dalam larutan anilin kemudian diaduk selama 24 jam dengan tujuan agar garam anilin dapat menggantikan air yang terjebak diantara serat selulose. Ketika serat selulose bakteri di rendam dalam larutan ammonium persulfat maka polimerisasi anilin dimulai pada serat selulose membentuk polianilin. Dari gambar terlihat bahwa polianilin terbentuk dari permukaan ke tengah lembaran selulose bakteri, komposit selulose bakteri-polianilin adalah hijau tua. Hasil pengamatan SEM menunjukkan bahwa komposit selulose bakteri-polianilin terdiri dari mikrofibril random. Morfologi mikrofibril yang seragam berbeda dengan mikrofibril selulose bakteri murni. Dari gambar terlihat ukuran serat selulose bakteri sekitar 40-60 nm tetapi pada komposit selulose bakteri-polianilin ukuran serat sekitar 80-120 nm. Sehingga dapat dianggap bahwa polianilin terpolimerisasi di permukaan serat selulose bakteri.

### **Kesimpulan**

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa polianilin yang merupakan polimer konduktor dapat terpolimerisasi pada permukaan serat selulose bakteri yang disintesa dari nata de cassava. Hal ini di buktikan dari hasil pengujian FT-IR ditemukan gugus fungsi yang merupakan senyawa penyusun polianilin dikuatkan oleh pengamatan SEM yang menunjukkan anilin terpolimerisasi di permukaan serat selulose bakteri.

### **Ucapan Terimakasih**

Ucapan terimakasih kami tujukan kepada Kemenristek atas pendanaan penelitian INSINAS sesuai dengan SK Menteri Riset dan Teknologi No. 288/M/Kp/XII/2013 tanggal 17 Desember 2013. Semua pihak yang telah membantu demi lancarnya kegiatan penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] C Clasen, 2006, Effect of Different drying processes on the material properties of bacterial cellulose membranes, *Macromol Symp* 244: 48-58
- [2] Cahyandari D., Heru SBR., 2012, Pengaruh Pemurnian Nata De Cassava Dengan Larutan Alkali Terhadap Sifat Mekanik Dan Morfologi Lembaran Serat Selulose Bakteri, Seminar Nasional “ Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-18 2012, BT/MB 28
- [3] Masaya Nogi, 2006, Fiber content Dependency of Optical Transparency and Thermal Expansion bacterial nanofiber reinforced Composites, *Applied Physics Letters* 88
- [4] Misgiarta, 2009, Produksi *Nata De Cassava* Dengan Substrat Limbah Cair Tapioka, *Jurnal Pasca Panen Litbang Pertanian*
- [5] Shoichiro yano, 2008, Preparation and mechanical properties of bacterial cellulose nanocomposites loaded with silica nanoparticles, *Cellulose* 15: 111-120
- [6] J. Stejskal, 2002, Polyaniline. Preparation Of A Conducting Polymer, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 5, Pp. 857–867
- [7] J. Vivekanandan, 2011, Synthesis, characterization and conductivity study of polyaniline prepared by chemical oxidative and electrochemical methods, *Archives of Applied Science Research*, 3 (6):147-153
- [8] Lia Muliani, 2012, Pembuatan Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Menggunakan Substrat Fleksibel, *Proceeding Insinas 2012*