

LAPORAN  
HASIL PENELITIAN  
HIBAH KeRis BATCH 4  
TAHUN 2018



**JUDUL :**  
**Sintesis dan Karakteristik Bahan Sensor Untuk Uji Kualitas Kopi  
Berbasis Polipirol dan Polianilin**

**Peneliti:**  
Dr. Busroni, MSi  
Drs. Sujito, PhD  
Dr. Sutisna, SPd, MSi  
Tri Mulyono, SSi, MSi  
Ir. Misto, MSi

**Didanai oleh:**

DIPA Universitas Jember Tahun Anggaran 2018  
Nomor SP.DIPA-042.01.2.400922/2018 Tanggal 05 Desember 2017

**LAPORAN  
HASIL PENELITIAN  
HIBAH KeRis BATCH 4  
TAHUN 2018**



**JUDUL :**  
**Sintesis dan Karakteristik Bahan Sensor Untuk Uji Kualitas Kopi  
Berbasis Polipirol dan Polianilin**

**Peneliti:**  
Dr. Busroni, MSi  
Drs. Sujito, PhD  
Dr. Sutisna, SPd, MSi  
Tri Mulyono, SSi, MSi  
Ir. Misto, MSi

**Didanai oleh:**

DIPA Universitas Jember Tahun Anggaran 2018  
Nomor SP.DIPA-042.01.2.400922/2018 Tanggal 05 Desember 2017

Judul Penelitian/ Pengabdian : Sintesis dan Karakteristik Bahan Sensor Untuk Uji Kualitas Kopi Berbasis Polipirol dan Polianilin

Nama KeRis : Sensor dan Material Maju untuk Aplikasi Energi Terbarukan dan Pertanian

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Dr. Busroni, M.Si.

b. NIP./NRP. : 195905151991031007

c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

d. Program Studi : FMIPA/Kimia

e. Nomor HP : 081803516287

f. Alamat surel (e-mail) : busroni.fmipa@unej.ac.id

Anggota (1) :

a. Nama Lengkap : Drs. Sujito, Ph.D.

b. NIP./NRP. : 196102041987111001

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Anggota (2) :

a. Nama Lengkap : Dr. Sutisna, S.Pd, M.Si.

b. NIP./NRP. : 197301152006031001

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Anggota (3) :

a. Nama Lengkap : Ir. Misto, M.Si

b. NIP./NRP. : 195911211991031002

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Anggota (4) :

a. Nama Lengkap : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

b. NIP./NRP. : 196810021998021001

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Usulan Tahun ke - : 1

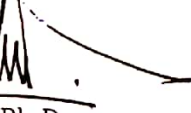
Biaya Keseluruhan : Rp. 30.000.000

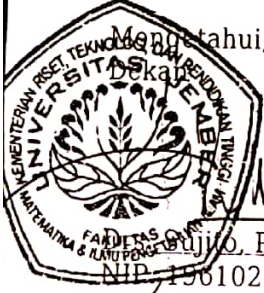
Biaya usulan tahun berjalan :

- Dana UNEJ : Rp. 30.000.000

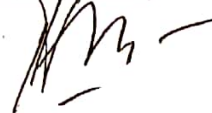
- Dana institusi lain : Rp. 0 / In Kind tuliskan :

**Biaya Yang Disetujui : Rp. 30.000.000**

Mengesahkan,  
Ketua Peneliti,  
  
Dr. Busroni, Ph.D.  
NIP. 195905151991031007



Jember, 26-12-2018  
Ketua Peneliti,



Dr. Busroni, M.Si.  
NIP. 195905151991031007



Mengetahui,  
LP2M

Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D.

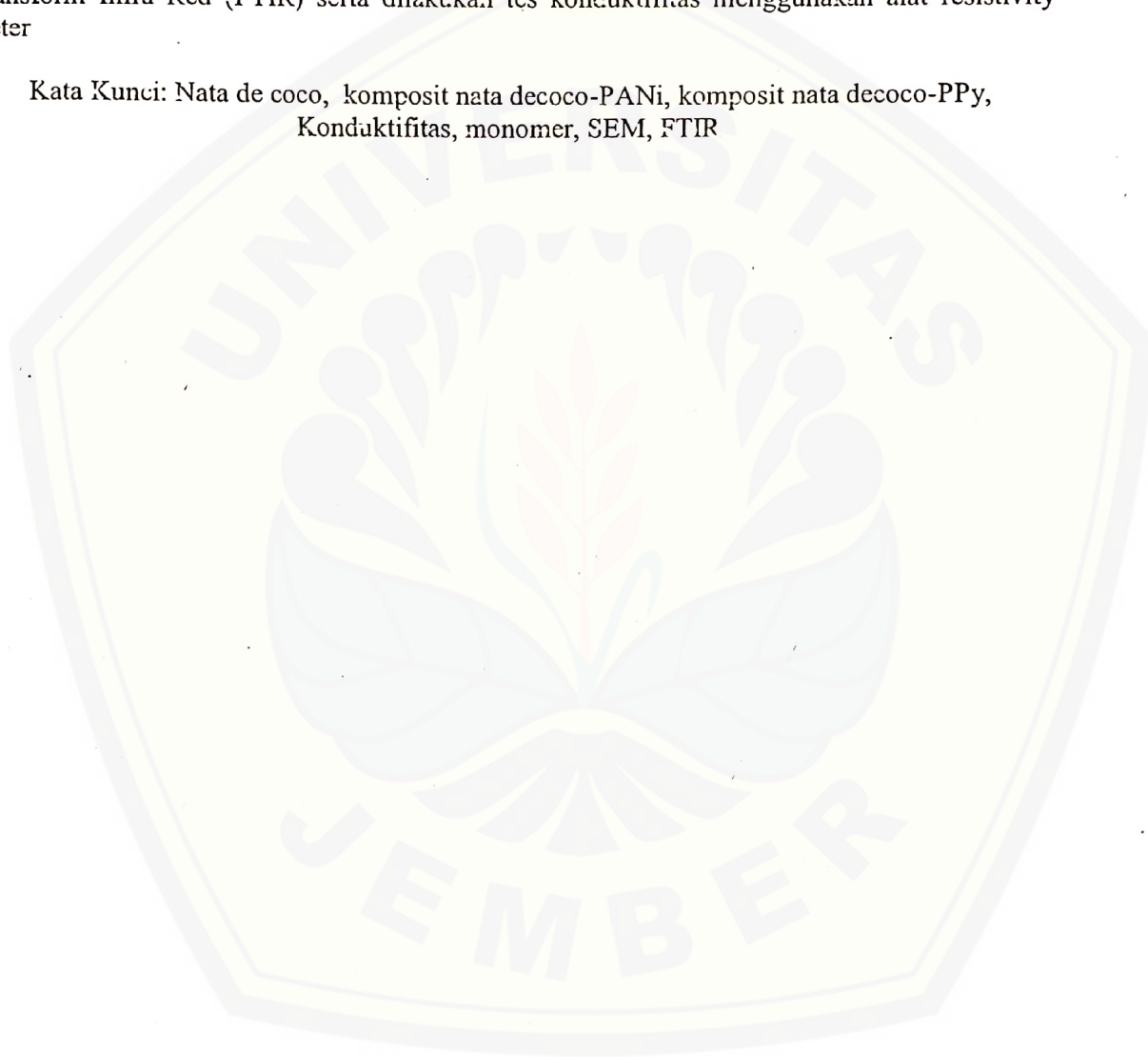
NIDN 9905171992011001



RINGKASAN

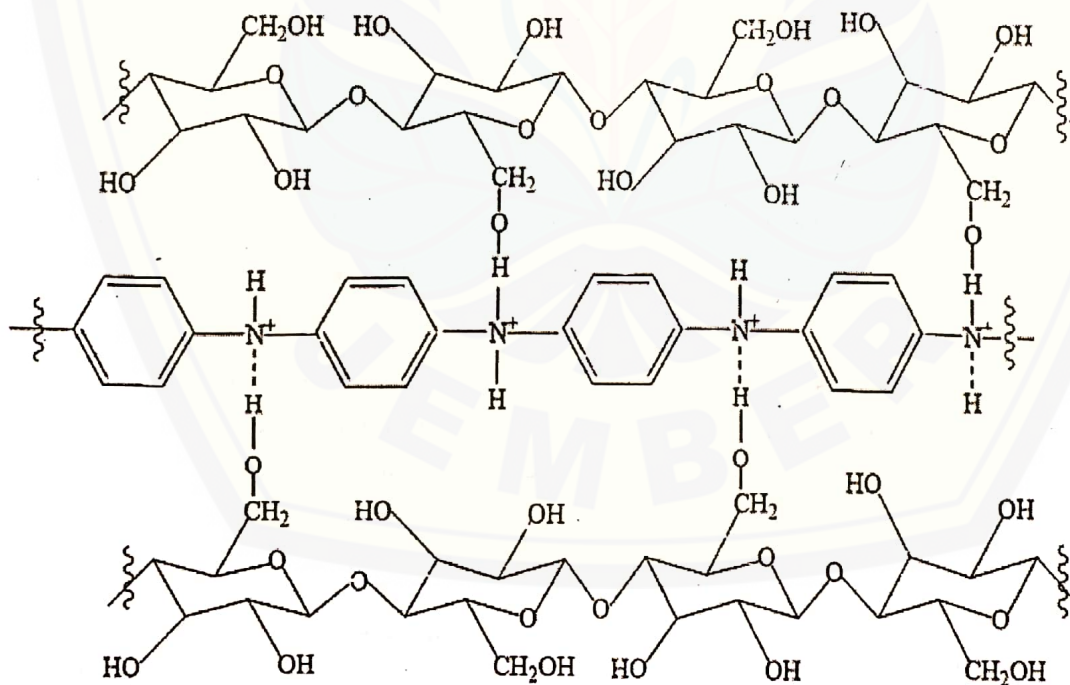
Sintesis komposit nata de coco-poli-pirol dan komposit nata de coco-polianilin berhasil dilakukan dengan metode rendam. Sintesis masing masing dilakukan dengan menggunakan variasi monomer pirol 1 mL, 1,5 mL dan 2,5 monomer masing masing dalam 5 mL kloroform, serta variasi monomer aniline 1 mL, 1,5 mL dan 2,5 mL masing masing dalam 5 mL kloroform dan inisiator 0,5 M  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  serta dopan 0,5 M HCl. Ke dua komposit nata de coco, akan dilakukan karakterisasi dengan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM), Fourier Transform Infra Red (FTIR) serta dilakukan tes konduktifitas menggunakan alat resistivity meter

Kata Kunci: Nata de coco, komposit nata decoco-PANi, komposit nata decoco-PPy, Konduktifitas, monomer, SEM, FTIR

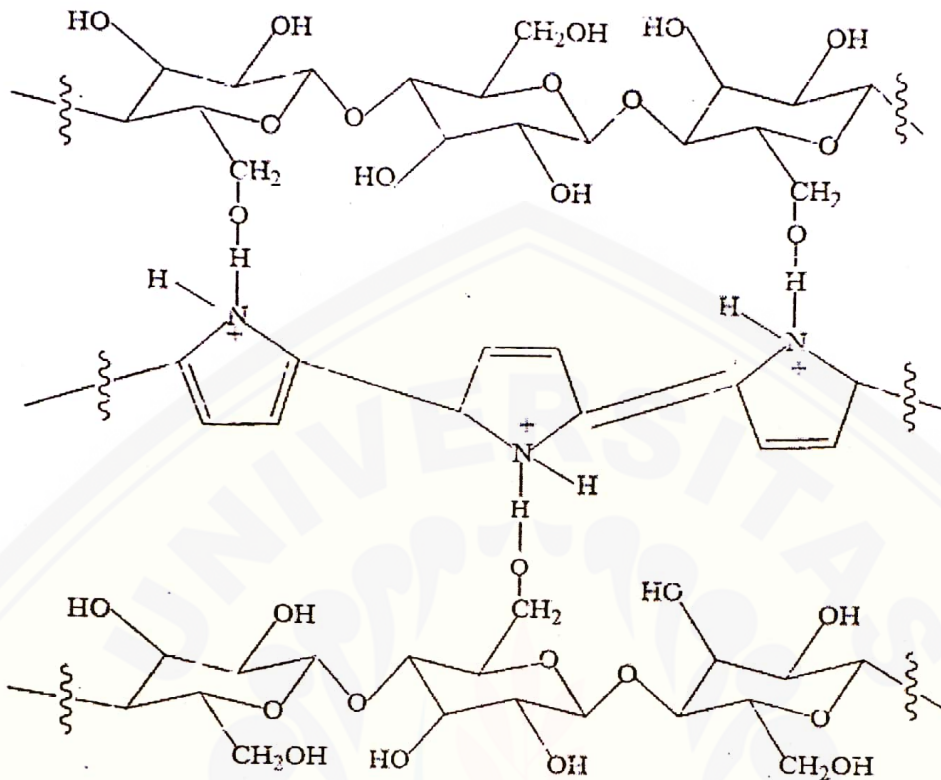


BAB I. PENDAHULUAN

Polimer konduktif pertama kali diidentifikasi pada tahun 1980 dan termasuk dalam kelas bahan organik yang dapat disintesis elektrokimia dari monomer yang sesuai dan heterosiklik aromatik. Polimer konduktif banyak menarik perhatian para peneliti dari berbagai cabang ilmu dan teknologi sebagai bahan baku elektroda untuk penyimpanan energy (baterai elektrokimia dan juga kapasitor), sebagai katalis elektrik, *biosensor*, membrane pemisahan gas, elindung anti korosif. (Sudigdo, S., dkk, 2014). Menurut Abus, P., dkk, 2013 bahwa berdasarkan hasil kajian pustaka selulosa dapat diperoleh gambut, kandungan senyawa utama pada gambut yaitu  $\alpha$ -selulosa 45%, hemiselulosa 30%, lignin 20% dan ekstraktif (mineral dan polifenol) 5% yang berasal dari hasil degradasi kayu keras. Pada proses pendopingan baik polipirol dan polianilin berfungsi sebagai sumber proton, sehingga ke dua polimer lebih meningkat sifat konduktifitas polimer. Hasil penelitian Yuningsih, L. M., 2017 bahwa model komposit selulosa-polianilin dapat dijelaskan karena adanya ikatan hydrogen antara gugus hidroksil dari selulosa (nata de coco) dengan polianilin, seperti terlihat pada gambar 1 dan dengan polipirol gambar 2 berikut:



Gambar 1. Model komposit film konduktife film nata de coco-polianilin doping HCl



Gambar 2. Model komposit film konduktife film nata de coco-polipirol doping HCl

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa alat gelas seperti gelas ukur 10 mL, magnetik stirer, botol semprot, pipet ukur 10 mL, gelas beker, neraca analitik, oven, desicator, spatula, FTIR, Alat Resistivity meter, SEM, plate kaca

### Bahan bahan yang digunakan:

Nata decoco dari SMKN5 Jubung-Jember, Asam Khlorida,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Monomer pyrrol, Monomer Anilin, Khloroform, Kabel, Plat PCB

### Tahapan –tahapan Penelitian :

#### 1. Preparasi Material Nata de coco

Material Nata de coco diperoleh dari hasil produksi SMKN5 Sukorambi Jember

2. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polianilin doping HCl

**a. Konsentrasi monomer anilin 1 mL dalam 5 mL kloroform:**

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polianilin merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (0,5 cm x 2) dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan 0,5 M  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer 1 mL aniline dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polianilin selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna coklat tua dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas.

**b. Konsentrasi monomer anilin 1,5 mL dalam 5 mL kloroform:**

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polianilin merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (0,5 cm x 2) dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan 0,5 M  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer aniline 1,5 mL dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polianilin selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna coklat tua dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas.

**c. Konsentrasi monomer anilin 2,5 mL dalam 5 mL kloroform:**



Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polianilin merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (0,5 cm x 2 ) dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan 0,5 M  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer aniline 2,5 mL dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polianilin selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna coklat tua dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas (alat resistivity meter)

### 3. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polipirol doping HCl

#### a. Konsentrasi monomer pirol 1 mL dalam 5 mL kloroform:

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polipirol merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (0,5 cm x 2 ) dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan 0,5 M  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer 1 mL pirol dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polipirol selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna hitam dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas (alat resistivity meter)

#### b. Konsentrasi monomer pirol 1,5 mL dalam 5 mL kloroform:

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polipirol merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (0,5 cm x 2 )

dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan  $0,5 \text{ M FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer pirol 1,5 mL dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polipirol selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna hitam dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas (alat resistivity meter)

**c. Konsentrasi monomer anilin 2,5 mL dalam 5 mL kloroform:**

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Poliapirol merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa ( $0,5 \text{ cm} \times 2$ ) dalam keadaan swelling maksimum, kemudian ditempatkan atau direndam dalam konsentrasi larutan  $0,5 \text{ M FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$  selama 30 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit, kemudian direndam kembali dalam monomer aniline 2,5 mL dalam 5 mL kloroform selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polipirol selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian film komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam panas matahari dan disimpan dalam desikator. Komposit film berwarna hitam dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan Konduktifitas (alat resistivity meter)

**4. Model pengukuran konduktivitas dengan Resistivity meter**

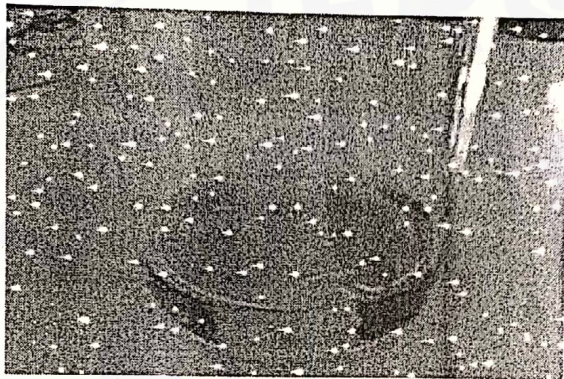
Disiapkan komposit film dengan ukuran  $0,5 \text{ cm} \times 2$  masing masing untuk komposit film Nata de coco/PPy dan PANi dengan variasi konsentrasi masing 1 mL, 1,5 mL dan 2,5 mL., kemudian dijepit dengan 2 plate PCB dengan ukuran  $0,5 \times 2 \text{ cm}$ , serta masing plat dihubungkan dengan kabel tembaga kecil. Dan diukur dengan alat resistivity meter untuk memperoleh nilai R nya.dengan satuan  $\Omega$  atau  $k\Omega$ .

5. Prosedur atau langkah langkah yang telah dilaksanakan

**Preparasi Sintesis Komposit Nata de coco-Polianilin doping HCl**

Tahap ke: 1

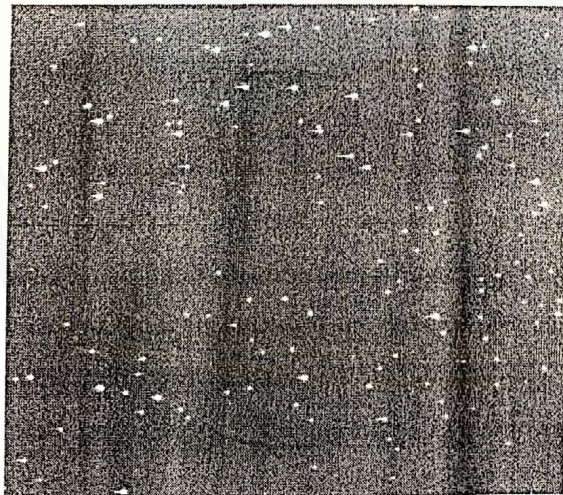
Nata de coco (sebagai media selulosa) yang digunakan adalah nata de coco dalam keadaan sweling maksimum kemudian direndam selama 10 menit kedalam larutan  $\text{FeCl}_3$  0,5 M. Setelah tercapai waktu perendaman kemudian ditiriskan sebelum diperiakukan tahapan berikutnya. Diukur sebanyak monomer anilin kemudian dilarutkan dengan kloroform sebanyak 25 mL.



Gambar 1. Proses perendaman nata de coco kedalam larutan  $\text{FeCl}_3$

Tahap ke: 2

Setelah proses perendaman tahap selanjutnya adalah perendaman dalam HCL 0,5M



Gambar 2. Hasil proses pendopingan kedalam larutan HCL

Tahap ke: 3

Proses sintesis komposit selulosa-pani dimulai setelah tahapan ke-1 dan ke-2 dilewati yaitu dengan perendaman (kondisi ke-2), kemudian dilanjutkan dengan perendaman ke dalam monomer aniline selama 10 menit, maka tampilan secara fisik akan berubah menjadi lebih terang (sebagai tanda bahwa proses polimerisasi telah terjadi. Kemudian material target dicuci dengan aquadest sampai filtratnya jernih. Untuk selajutnya dikeringkan dan dilakukan karakterisasi dengan FTIR dan SEM.



Gambar 3. Hasil sintesis komposit nata de coco-polianilin

### Sintesis Komposit film Nata de coco (Selulosa)-Polipirol doping HCl

Nata de coco diperoleh dari SMKN-5 Jubung Jember, lalu dicuci dengan air hingga pH pencuci netral. Sintesis Film Komposit Nata de coco (Selulosa)-Polipirol merujuk pada penelitian Maulana, dkk (2017) dengan modifikasi. Nata de coco/selulosa (5 cm x 2 cm) ditempatkan dalam larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  selama 10 menit, kemudian direndam HCl selama 10 menit dan diaduk kembali selama 30 menit pada suhu ruang. Komposit film t Nata de coco (Selulosa)-Polipirol selanjutnya dicuci dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian komposit yang dihasilkan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan disimpan dalam desikator. Komposit berwarna coklat tua dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM

Langkah langkah kegiatan sintesis komposit selulosa-poliapirol sebagai berikut:

Preparasi Sintesis Komposit Nata de coco-Poliapyrol doping HCl

Tahap ke: 1

Nata de coco (sebagai media selulosa) yang digunakan adalah nata de coco dalam keadaan sweling maksimum kemudian direndam selama 10 menit kedalam larutan  $\text{FeCl}_3$  0,5 M. Seteiah tercapai waktu perendaman kemudian ditiriskan sebelum diperlakukan tahapan berikutnya.

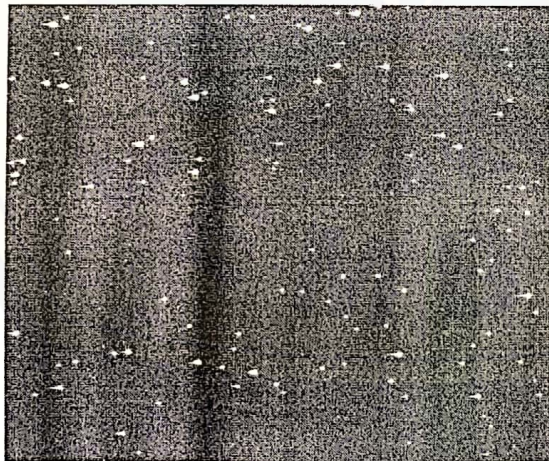
Diukur sebanyak monomer pirol kemudian dilarutkan dengan kloroform sebanyak 25 mL.



Gambar 4. Proses perendaman nata de coco kedalam larutan  $\text{FeCl}_3$

Tahap ke: 2

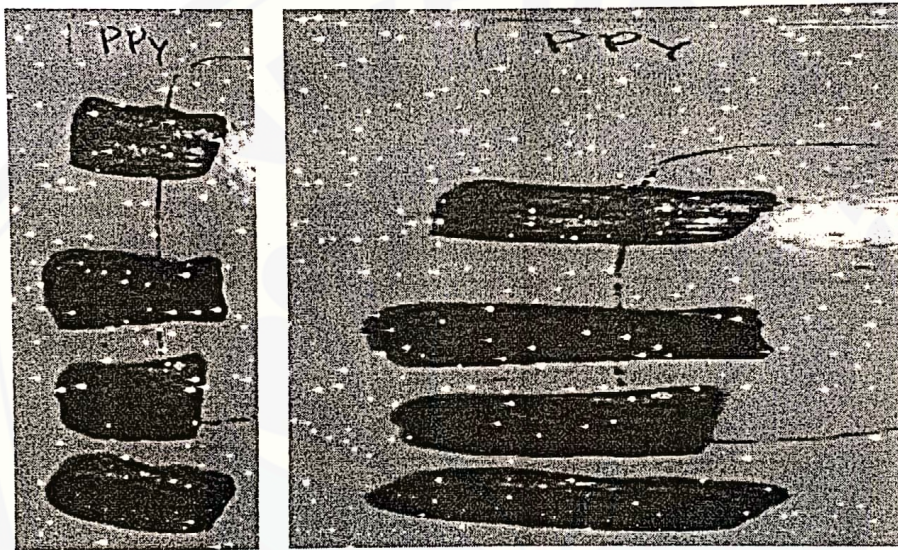
Setelah proses perendaman tahap selanjutnya adalah perendaman dalam HCL 0,5M



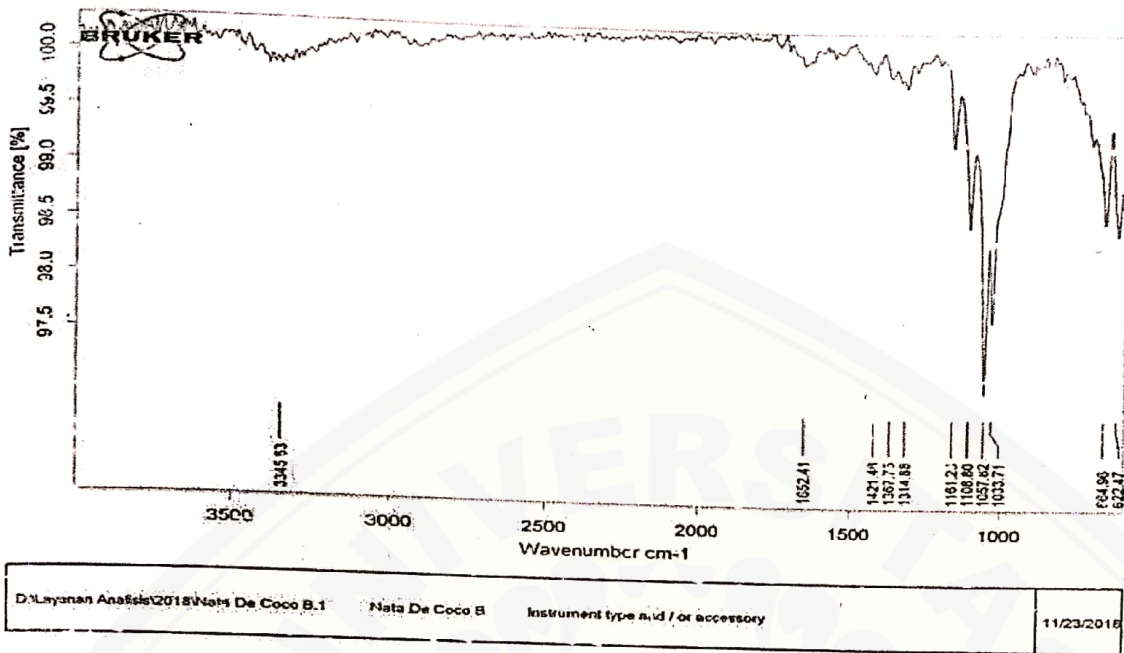
Gambar 5. Hasil proses pendopingan kedalam larutan HCL

Tahap ke: 3

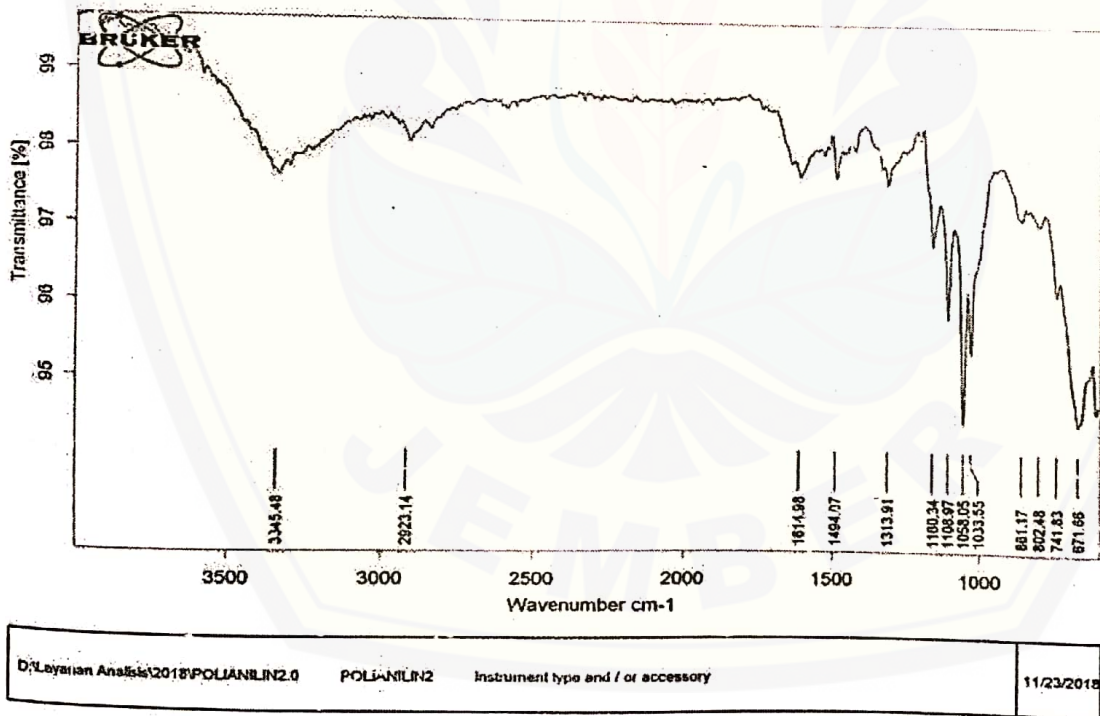
Proses sintesis komposit selulosa-polipirol dimulai setelah tahapan ke-1 dan ke-2 dilewati yaitu dengan perendaman (kondisi ke-2), kemudian dilanjutkan dengan perendaman ke dalam monomer pirol selama 10 menit, maka tampilan secara fisik akan berubah menjadi lebih gelap (sebagai tanda bahwa proses polimerisasi telah terjadi. Kemudian material target dicuci dengan aquadest sampai filtratnya jernih. Untuk selajutnya dikeringkan dan dilakukan karakterisasi dengan FTIR dan SEM.



Gambar 6. Hasil sintesis komposit film nata de coco-poliiprol



Gambar 7. FTIR Spektrum film Nata De Coco tanpa perlakuan



Gambar 8. FTIR Spektrum Komposit film Nata De Coco-polianilin

- a. Menggunakan SEM untuk komposit polianilin

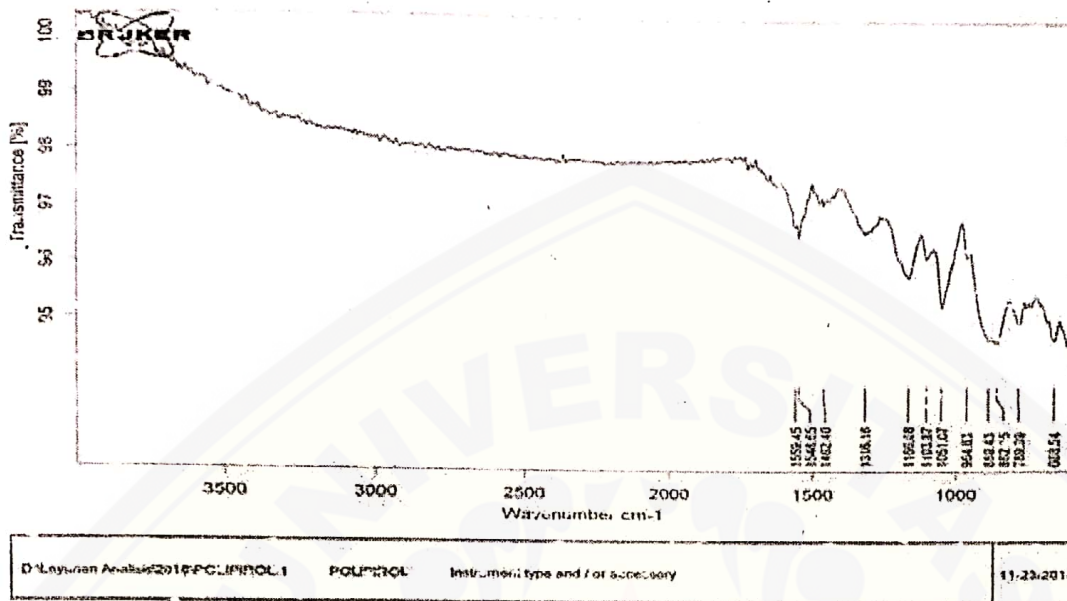


Gambar 9. Mikrograf SEM komposit film Nata de Coco/ Polianilin dengan metoda rendam dengan perbesaran 12000 kali

Morfologi komposit film nata de coco/polianilin dengan metode rendam terlihat kurang porous dan terlihat masif. Konduktifitas komposit film nata de coco-polianilin, mempunyai konduktifitas untuk perbandingan konsentrasi monomer anilin 1 mL : 1,5 mL dan 2,5 mL berturut turut adalah  $2,09 \times 10^{-5}$  S/cm, 27.03 S/cm dan  $6.90 \times 10^{-6}$  S/cm

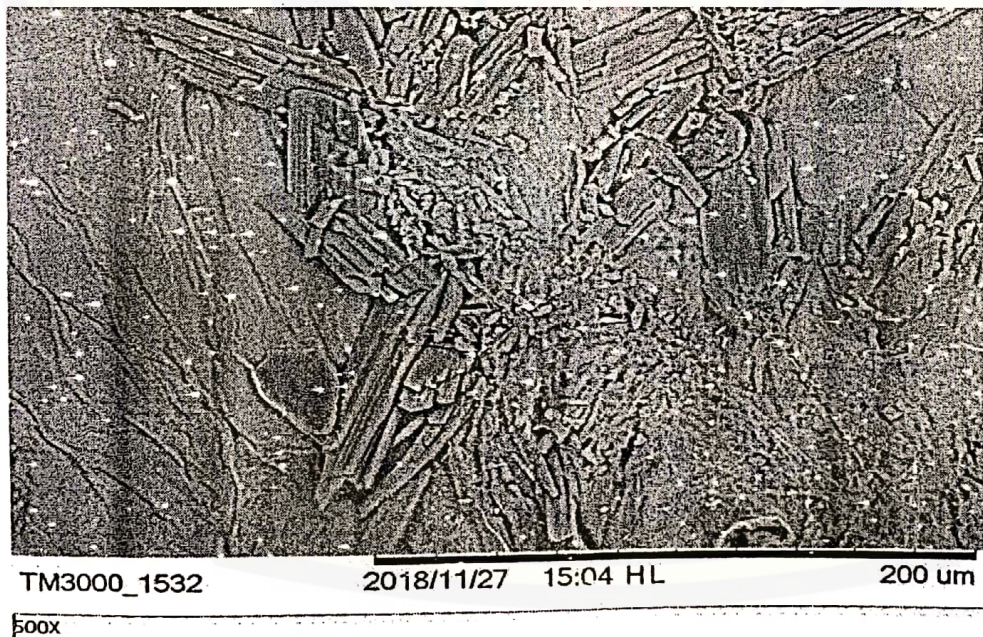


5. Hasil Karakterisasi Komposit film nata de coco-Polipirol  
 a. Menggunakan FTIR



Gambar 10. FTIR Spektrum Komposit film Nata De Cocco-polipirol

- b. Menggunakan SEM (komposit polipirol)



Gambar 11. Mikrograf SEM komposit film Nata de Coco/ Polipirol dengan metoda rendam dengan perbesaran 500 kali

Morfologi komposit film nata de coco/polipirol dengan metode rendam terlihat kurang porous dan terlihat masif. Konduktivitas komposit film nata de coco-polipirol, mempunyai konduktivitas untuk perbandingan konsentrasi monomer anilin 1 mL : 1,5 mL dan 2,5 mL berturut turut adalah 14.28 S/cm, 7,30 S/cm dan 39.71 S/cm

Tes Konduktivitas ke dua komposit Selulosa-Polianilin dan komposit selulosa-polipirol, bahwa bila diukur R atau tahanan menggunakan alat resistivity meter dibaca pada frekwensi 100 Hz. Kemudian dibandingkan antara dua jenis komposit film nilai konduktivitas yang paling baik adalah komposit film nata de coco-polipirol lebih bersifat konduktif dibanding komposit film nata de coco-polianilin.

Data pengukuran Resistivitas meter (diatur pada frekwensi 100 Hz) terhadap komposit NPCC-PANi dan komposit NDCC-Ppy ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 1.1 Resistivity terhadap komposit NDCC-PANi dengan variasi monomer Anilin diukur pada frekwensi 100 Hz

Komposit NDCC-PANi (A/ 1 mL monomer anilin)	Komposit NDCC-PANi (B/ 1,5 mL monomer anilin)	Komposit NDCC-PANi (C/ 2,5 mL monomer anilin)
47,17 k Ω	0,03 Ω	141,32 k Ω
48,10 k Ω	0,04 Ω	149,10 k Ω
48,15 k Ω	0,04 Ω	144,10 k Ω
Rerata 47,81 k Ω	Rerata 0,037 Ω	Rerata 144,84 k Ω
Konduktivitas $2,09 \times 10^{-3}$ S/cm	Konduktivitas = 27.03 S/cm	Konduktivitas = $6.90 \times 10^{-6}$ S/cm

Tabel 1.2 Resistivity terhadap komposit NDCC-PPy dengan variasi monomer Pirol diukur pada frekwensi 100 Hz

Komposit NDCC-PPy (D/ 1 mL monomer Pirol)	Komposit NDCC-PPy (E/ 1,5 mL monomer Pirol)	Komposit NDCC-PPy (F/ 2,5 mL monomer Pirol)
0,06 Ω	0,13 Ω	24,44 Ω
0,07 Ω	0,14 Ω	25,44 Ω
0,08 Ω	0,14 Ω	25,66 Ω
Rerata 0,07 Ω	Rerata 0,137 Ω	Rerata 25.18 Ω
Konduktivitas = 14.28 S/cm	Konduktivitas = 7,30 S/cm	Konduktivitas = 39.71 S/cm

### Kesimpulan

1. Komposit nata decoco-polianilin dapat disintesis menggunakan metode rendam
2. Komposit nata decoco-polianilin dapat disintesis menggunakan berdasarkan reaksi polimerisasi anilin dengan inisiator FeCl<sub>3</sub>
3. Komposit nata decoco-polipirol dapat disintesis menggunakan metode rendam
4. Komposit nata decoco-polipirol dapat disintesis menggunakan berdasarkan reaksi polimerisasi anilin dengan inisiator FeCl<sub>3</sub>

5. Selulosa yang digunakan berasal dari selulosa bakterial yaitu nata decoco
6. Kedua komposit merupakan material maju sebagai komposit konduktive
7. Komposit jenis ini dapat digunakan sebagai material bahan sensor

7. Daftar Pustaka.

- Abus, P., Rudyansyah, Sitorus, B., 2013, Sintesis Polimer Konduktif Komposit Polipirol-Selulosa Dalam Larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , JKK, vol. 2, no. 2, hal 95-100
- Malino, M. B., 2011, Pengaturan Tingkat Oksidasi Polimer Konduktive PANi-HCL Melalui Pendopingan, POSITRON, vol. 1., No. 1, hal 31-35
- Maulana, M. I., Syahbaru, I., Harlia, 2017, Sintesis Dan Karakterisasi Material Konduktif Film Komposit Polipirol (PPy)/ Selulosa Bakteri, JKK, vol. 6, no. 3, hal. 11-18
- Mandela, R., Muttaqin, 2016, Pembuatan Material Sensor Kelembaban Relatife Berbasis Selulosa Ubi Gajah dan polianilin (PANi), Jurusan Fisika Unand, vol. 5, No. 2, hal 193-198
- Sudigdo, S., Dharmawan, R., Haarahap, H., 2014, Karakterissi Polimer Konduktif Polipirol Berpengisi: Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktifitas Minyak, JTK-USU, vol.3, No. 2
- Widodo, S. W., Herlina, Syahbaru, I., 2018, Sintesis Komposit Polimer Konduktif Polipirol (PPy)/Selulosa Bakteri Dengan Metode Spray dan Rendam, JKK, vol. 7, no. 1, hal 59-65
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., Aripandi, I., 2017, American Journal of Material Science, conductivity of Pani-Cellulose Composite With Cellulose Isolated from Reed Plant (*Imperatocy lindrica* (L.)), 7(3); pp 59-63