



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT  
KONDUKTIF PANi/BC**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Moch. Jonny Putra  
NIM. 151810301045**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Bapak Sudarwedi Adio Ledid serta Mama Noor Badriati yang selama ini selalu memberikan semangat hidup, masukan, serta kasih sayang yang tulus kepada putra pertamanya untuk tetap bertahan dan sikap pantang menyerah dalam menjalankan setiap aktivitasnya.
2. Adik-adik Alfian Ferdiansyah dan Hibatul Alimi yang selalu menjadi hiburan ketika kakaknya mulai bosan
3. Keluarga besar Bapak (Bondowoso) dan Mama (Jember) yang turut andil dalam memberikan dukungan moril selama menyelesaikan skripsi ini.
4. Guru-guru semenjak TK ABA 30 Malang, SD Muhammadiyah 1 Jember, SMPN 10 Jember, SMA Muhammadiyah 3 Jember, serta dosen jurusan kimia FMIPA sekalian yang telah bersedia membagikan ilmunya.
5. Saudara seangkatan kimia 2015 (Chrypton 2015), Pandawa 5 yang terus bahu membahu baik suka maupun duka semasa berkuliah di FMIPA Kimia UNEJ.
6. Seluruh teknisi yang berperan dalam terselesaikannya penelitian saya, Mas Dharma, Mas Dul, Mbak Sari, Mas Yusril, dan Om Edi.
7. Seluruh teman-teman semenjak TK hingga SMA yang masih tetap bersedia menjadi teman bercerita dan bertukar pikiran hingga saat ini.
8. Seluruh orang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu

**MOTTO**

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang berguna dan bermanfaat bagi sesama serta bertaqwa kepada Allah SWT”



**PERNYATAAN**

Saya bertandatangan di bawah ini :

Nama : Moch. Jonny Putra

NIM : 151810301045

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Komposit Konduktif PANi/BC” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan atau paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Juni 2020

Yang menyatakan,

Moch. Jonny Putra

NIM. 151810301045

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “*Sintesis dan Karakterisasi Komposit Konduktif PANi/BC*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Penegtahuan Alam Universitas Jember pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua

Anggota I

Dr. Busroni, M.Si.

NIP. 195905151991031007

Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si

NIP.197107031997021001

Anggota II

Anggota III

Ika Oktavianawati, S.Si, M.Sc

NIP.198010012003122001

Suwardiyanto, S.Si, M.Si, Ph.D

NIP.197501191998021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.

NIP. 195910091986021001

## RINGKASAN

**Sintesis dan Karakterisasi Komposit Konduktif PANi/BC**; Moch. Jonny Putra, 151810301045; 2020; 64 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Polianilin merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang banyak diteliti karena mudah disintesis, memiliki kestabilan yang baik, dan tahan terhadap korosi. Polianilin perlu dilakukan kombinasi dengan material lain membentuk komposit untuk dapat memperbaiki sifat mekanika polianilin yang lemah. Pada penelitian ini, polianilin dikompositkan dengan matriks selulosa bakteri *Nata de Coco* karena kandungan serat selulosa yang banyak. Polianilin pada kondisi normal yang sudah bersifat konduktif namun dapat ditingkatkan konduktivitasnya dengan menambahkan senyawa dopan dalam rantai polimernya. Penelitian ini dilakukan sintesis komposit polianili-selulosa (PANi/BC) menggunakan metode oksidasi kimia dengan variasi waktu perendaman oksidator dan dopan (2 jam, 4 jam, dan 6 jam) serta membandingkan kedua jenis dopan yaitu HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Selain itu, dilakukan studi lebih lanjut mengenai perbandingan BC dengan inkubasi 3 hari dan 11 hari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan konduktivitas komposit PANi/BC yang menggunakan matriks BC dengan lama inkubasi yang berbeda (3 dan 11 hari). Kedua untuk mengetahui perbandingan konduktivitas komposit PANi/BC dengan dopan HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> serta pengaruh lama perendaman terhadap konduktivitas komposit PANi/BC.

Hasil sintesis komposit PANi/BC pada penelitian ini berwarna hijau pekat cenderung hitam. Hasil konduktivitas pada matriks BC dengan inkubasi 11 hari diperoleh nilai yang tertinggi yaitu sebesar  $200 \times 10^5$  S/cm, sedangkan pada penggunaan matriks BC inkubasi 3 hari diperoleh konduktivitas tertinggi sebesar  $84,1 \times 10^5$  S/cm. Hal ini diakibatkan karena pada BC inkubasi 11 hari, memiliki kadar serat selulosa yang lebih banyak sehingga terjadinya interaksi antara polianilin dengan serat selulosa juga banyak. Pada studi mengenai pengaruh

waktu perendaman, diperoleh konduktivitas tertinggi pada perendaman 4 jam. Hal ini dibuktikan melalui analisis kuantitatif spektum IR pada puncak serapan benzoid dan quinoid. Berdasarkan hasil pengukuran puncak serapan, diperoleh komposisi yang lebih mendominasi dari pada komposisi quinoid. Pengaruh dari komposisi benzoid yang lebih mendominasi, memungkinkan terjadinya penurunan densitas elektron pada rantai polianilin, sehingga diperoleh konduktivitas yang tinggi. Pada pengaruh jenis dopan yang digunakan menghasilkan nilai konduktivitas tertinggi pada penggunaan dopan  $H_2SO_4$ . Hal ini diakibatkan adanya pengaruh afinitas elektron yang dimiliki oleh ion  $SO_4^{2-}$  yang lebih kuat dari pada ion  $Cl^-$ , sehingga pengaruh afinitas elektron cenderung untuk meningkatkan nilai konduktivitas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh dari komposisi benzoid dan quinoid mengambil peranan penting pada konduktivitas komposit PANi/BC. Merujuk pada hasil perhitungan rasio quinoid dan benzoid pada konduktivitas tertinggi (dopan HCl), diperoleh komposisi quinoid 0,333 dan benzoid 0,667 dengan konduktivitas sebesar  $6,36 \times 10^6$  S/cm. Pada dopan  $H_2SO_4$  diperoleh komposisi quinoid 0,556 dan benzoid 0,444 dengan konduktivitas sebesar  $200 \times 10^{-5}$  S/cm. Selain itu, kondisi BC dengan waktu inkubasi berbeda juga mempengaruhi nilai konduktivitas karena semakin lama inkubasi mampu menghasilkan serat selulosa yang lebih banyak. Hal ini memungkinkan terbentuknya interaksi yang terjadi antara polianilin dan serat selulosa yang tinggi.

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat maupun hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “*Sintesis dan Karakterisasi Komposit Konduktif PANi/BC*” dapat diselesaikan dengan sebaiknya. Skripsi ini disusun serta dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pendidikan jenjang pendidikan tinggi strata satu (S1) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan skripsi berikut tidak terlepas dari bantuan maupun masukan dari berbagai pihak. Maka penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Drs. Achmad Sjaifullah M.Sc., PhD. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
3. Dr. Busroni M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Bambang Piluharto S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing anggota yang dengan dedikasinya telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini;
4. Ika Oktavianawati S.Si., M.Sc. serta Suwardiyanto, S.Si., M.Si., PhD sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan maupun pengarahan dalam penulisan skripsi ini
5. Drs. Siswoyo M.Sc., PhD. Sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat dan nasihat selama menempuh pendidikan strata satu
6. Segenap Bapak dan Ibu Dosen yang selama ini dengan dedikasinya telah mendidik dan mengajarkan ilmu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat kekurangan pelaksanaan dan hasil penelitian. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.



Jember, 20 Juni 2020

Penulis.



**DAFTAR ISI**

<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>v</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Manfaat .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Polimer Konduktif .....	5
2.2 Teori <i>Band Gap</i> .....	6
2.2 Polimer Konduktif Polianilin (PANi) .....	8
2.3 Polimerisasi Polianilin (PANi) .....	9
2.4 Sifat Kelistrikan Polianilin (PANi) .....	11
2.4 Selulosa Bakteri “Nata de Coco” .....	13
2.4 Komposit PANi/BC .....	14
2.5 Karakterisasi Komposit Polianilin .....	15
2.5.1 Karakterisasi Sifat Kelistrikan (LCR meter) .....	16
2.5.2 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR) .....	18
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	28

3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.3 Rancangan Penelitian .....	29
3.3.2 Diagram Alir Sintesis Komposit PANi/BC .....	30
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	31
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Sintesis Komposit PANi/BC) .....	34
4.2 Perbandingan Konduktivitas Komposit PANi/BC pada BC Inkubasi 3 Hari dan 11 Hari .....	36
4.2 Pengaruh Penggunaan Dopan HCl dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pada Konduktivitas Komposit PANi/BC) .....	39
4.3 Analisis Spektra <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	41
4.4 Analisis Spektra FTIR Komposit PANi/BC dengan Variasi Waktu Perendaman dalam Larutan Dopan .....	44
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
2.1 Tabel Nilai Konduktivitas Elektroda PANi/BC .....	<b>16</b>
2.2 Tabel Perbandingan Nilai Konduktivitas Komposit PANi/BC dan Polianilin .....	<b>17</b>
4.1 Tabel Perubahan BC setiap Perlakuan.....	<b>35</b>
4.2 Tabel Data Hasil Analisis FTIR .....	<b>43</b>
4.3 Tabel Data Perbandingan $A_{\text{quinoid}}/A_{\text{benzoid}}$ dengan Waktu Perendaman Dopan .....	<b>46</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
2.1 Orbital Molekul pada Molekul diatomic .....	<b>6</b>
2.2 Diagram energi gap setiap material.....	<b>7</b>
2.3 Struktur oksidasi polianilin .....	<b>9</b>
2.4 Oksidasi monomer anilin .....	<b>10</b>
2.5 Kopling radikal dan re-aromatisasi polimerisasi anilin .....	<b>10</b>
2.6 Propagasi garam pernigranilin menjadi garam emeraldin .....	<b>11</b>
2.7 Reduksi garam pernigranilin .....	<b>11</b>
2.8 Protonasi basa emeraldin untuk membentuk garam emeraldin.....	<b>12</b>
2.9 Struktur selulosa bakteri .....	<b>13</b>
2.10 Struktur komposit PANi/BC .....	<b>15</b>
2.11 Struktur polianilin .....	<b>15</b>
2.12 Grafik konduktivitas PANi/BC terhadap frekuensi .....	<b>16</b>
2.13 Skema instrumen FTIR .....	<b>18</b>
3.1 Diagram Alir Pemurnian Nata de Coco .....	<b>29</b>
3.2 Diagram Alir Sintesis Komposit PANi/BC .....	<b>30</b>
4.1 Perbedaan Transparansi Selulosa Bakteri .....	<b>36</b>
4.2 Konduktivitas PANi/BC dopan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>37</b>
4.3 Konduktivitas PANi/BC dopan HCl .....	<b>38</b>
4.4 Polianilin Garam Emeraldin Dopan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>40</b>
4.5 Polianilin Garam emeraldin Dopan HCl .....	<b>40</b>
4.6 Spektra FTIR Selulosa Bakteri.....	<b>41</b>
4.7 Spektra FTIR Polianilin .....	<b>42</b>
4.8 Spektra FTIR Komposit PANi/BC dopan HCl dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>43</b>
4.9 Spektra FTIR Gabungan setiap Waktu Perendaman .....	<b>45</b>
4.10 Hubungan Rasio Quinoid/Benzoid dengan Waktu Perendaman dopan HCl dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>46</b>

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1</b> Perhitungan preparasi bahan .....	<b>52</b>
<b>Lampiran 2</b> Perhitungan konduktivitas komposit PANi/BC waktu inkubasi 11 hari dopan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>54</b>
<b>Lampiran 3</b> Perhitungan konduktivitas komposit PANi/BC) waktu inkubasi 3 hari dopan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>56</b>
<b>Lampiran 4</b> Perhitungan konduktivitas komposit PANi /BC waktu inkubasi 11 hari dopan HCl .....	<b>58</b>
<b>Lampiran 5</b> Perhitungan konduktivitas komposit PANi/BC) waktu inkubasi 3 Hari dopan HCl .....	<b>60</b>
<b>Lampiran 6</b> Analisa kuantitatif gugus fungsi quinoid dan benzoid pada spektra IR komposit PANi/BC Dopan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	<b>62</b>
<b>Lampiran 7</b> Analisa kuantitatif gugus fungsi quinoid dan benzoid pada spektra IR komposit PANi/BC Dopan HCl .....	<b>63</b>

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa dekade belakangan ini, perkembangan penelitian mengenai polimer konduktif meningkat seiring dengan semakin banyaknya manfaat yang dimiliki pada polimer konduktif (Chitte *et al.*, 2011). Polimer konduktif umumnya merupakan sebuah molekul yang memiliki sistem terkonjugasi pada ikatan rangkap pada rantai polimernya. Salah satu polimer konduktif yang banyak dikembangkan saat ini adalah polianilin (PANi) (Maddu *et al.*, 2010). Polianilin (PANi) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dapat disintesis melalui reaksi polimerisasi anilin (Kertati, 2008). Polianilin memiliki keunggulan yaitu mudah disintesis, stabil pada lingkungan, dan tahan terhadap korosi (Hu *et al.*, 2011). Selain itu, polianilin memiliki konduktivitas yang tinggi. Pada keadaan garam emeraldin, konduktivitas polianilin berada di atas polimer non-konduktif ( $>10^{-9}$  S/cm) yaitu berkisar 1 – 100 S/cm (Bhadra *et al.*, 2009). Namun, jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya, seperti polipirol, poli(3-heksiltiopena, poli(3-alkiletertiopena), poliparafenilena, dan lain sebagainya, polianilin memiliki konduktivitas yang lebih rendah (Rahman *et al.*, 2008).

Peningkatan konduktivitas polianilin dapat ditingkatkan melalui penambahan senyawa dopan. Dopan merupakan suatu senyawa tambahan yang dapat meningkatkan konduktivitas polianilin melalui proses *dopping*. Umumnya senyawa dopan yang digunakan berupa asam kuat yang dapat mendonorkan atau memberikan proton (Cheng *et al.*, 2009). Beberapa senyawa dopan yang sering digunakan dalam polimerisasi polianilin adalah asam klorida, asam sulfat, asam fosfat, dan beberapa jenis logam (Jarad *et al.*, 2016) dan (Molapo *et al.*, 2012). (Bimantoro *et al.*, 2014) menyebutkan bahwa konduktivitas komposit berbasis polianilin dengan dopan asam sulfat sebesar  $1,52 \times 10^{-3}$  S/cm, sedangkan dopan asam klorida  $0,92 \times 10^{-3}$  S/cm.

Selulosa bakteri merupakan selulosa yang terbentuk dari hasil sekresi bakteri *Acetobacter xylinum*. Selulosa bakteri memiliki luas permukaan dan porositas yang tinggi (Chawla *et al.*, 2009). Selain itu, selulosa mampu

berinteraksi dengan polimer lain membentuk material komposit, sehingga memungkinkan selulosa dijadikan sebagai matriks komposit polianilin/selulosa bakteri (PANi/BC) (Wang *et al.*, 2012). Pada masyarakat umum, selulosa bakteri dikenal dengan Nata de Coco, yang populer dimasyarakat sebagai bahan campuran sirup dan jenis minuman lain. Nata de coco dapat diperoleh melalui proses inkubasi air kelapa menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*. Lama inkubasi tersebut berpengaruh terhadap kandungan air dan selulosa yang terbentuk. Penelitian yang dilakukan oleh Tubagus *et al* (2018) menunjukkan seiring lamanya waktu inkubasi, kadar air dalam selulosa akan semakin menurun dan jumlah karbohidrat meningkat. Penelitian tersebut menunjukkan kadar air dan karbohidrat pada inkubasi 7 hari, 10 hari, dan 13 hari yaitu (94,36% ; 4,89%), (91,40% ; 7,54%), dan (90,16% ; 8,43%).

Penelitian lain terkait komposit berbasis polianilin dengan menggunakan BC sebagai material pendukung antara lain penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al* (2012) dan Alonso *et al* (2018). Pembuatan komposit PANi/BC oleh Wang *et al* (2012) dilakukan secara *in situ* dengan variasi rasio konsentrasi molar komposisi campuran menunjukkan konduktivitas optimum PANi/BC sebesar 5.1 S/cm. Komposit PANi/BC tersebut disintesis dengan menggunakan rasio molar anilin : Asam klorida (dopan) : Amonium Peroksodisulfat (1 M; 1,2 M; 1 M). Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Alonso *et al* (2018) dengan menggunakan rasio molar yang sama dengan kondisi matriks BC *drained*, *freeze-dried*, dan *regenerated*. Hasil optimum diperoleh kondisi BC *drained* dengan konduktivitas terbesar  $1,4 \times 10^{-1}$  S/cm, sedangkan kondisi BC *freeze-dried* dan *regenerated* memiliki konduktivitas  $1 \times 10^{-3}$  S/cm sampai  $5 \times 10^{-3}$  S/cm.

Berdasarkan hasil optimum yang diperoleh penelitian sebelumnya, penelitian akan disintesis komposit PANi/BC secara *in situ*. Dalam penelitian digunakan dua jenis BC dengan lama inkubasi yang berbeda yaitu 3 hari dan 11 hari. Dopan yang digunakan adalah HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 1,2M. selain itu juga dipelajari pengaruh lama perendaman oksidator dan dopan terhadap sifat konduktivitas komposit yang dihasilkan. Komposit PANi/BC yang telah terbentuk kemudian dianalisa gugus fungsinya dengan menggunakan *Fourier*



*Transform Infra Red* (FTIR). Sedangkan sifat kelistrikan komposit PANi/BC diukur menggunakan LCR meter, dimana LCR meter akan mendeteksi nilai resistansi kemudian dikonversi ke dalam nilai konduktivitas.

### 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang dapat diambil pada penelitian mengenai sintesis polimer konduktif PANi/BC adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan matriks BC dengan lama inkubasi yang berbeda (3 dan 11 hari) terhadap konduktivitas komposit PANi/BC?
2. Bagaimana perbandingan jenis dopan terhadap konduktivitas komposit PANi/BC?
3. Bagaimana pengaruh lama perendaman terhadap konduktivitas komposit PANi/BC ?

### 1.3. Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian mengenai sintesis polimer konduktif polianilin /BC adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan matriks BC dengan lama inkubasi yang berbeda (3 dan 11 hari) terhadap konduktivitas komposit PANi/BC.
2. Mengetahui perbandingan jenis dopan yang digunakan terhadap konduktivitas komposit PANi/BC.
3. Mengetahui pengaruh lama perendaman terhadap konduktivitas komposit PANi/BC.

### 1.4. Batasan Masalah

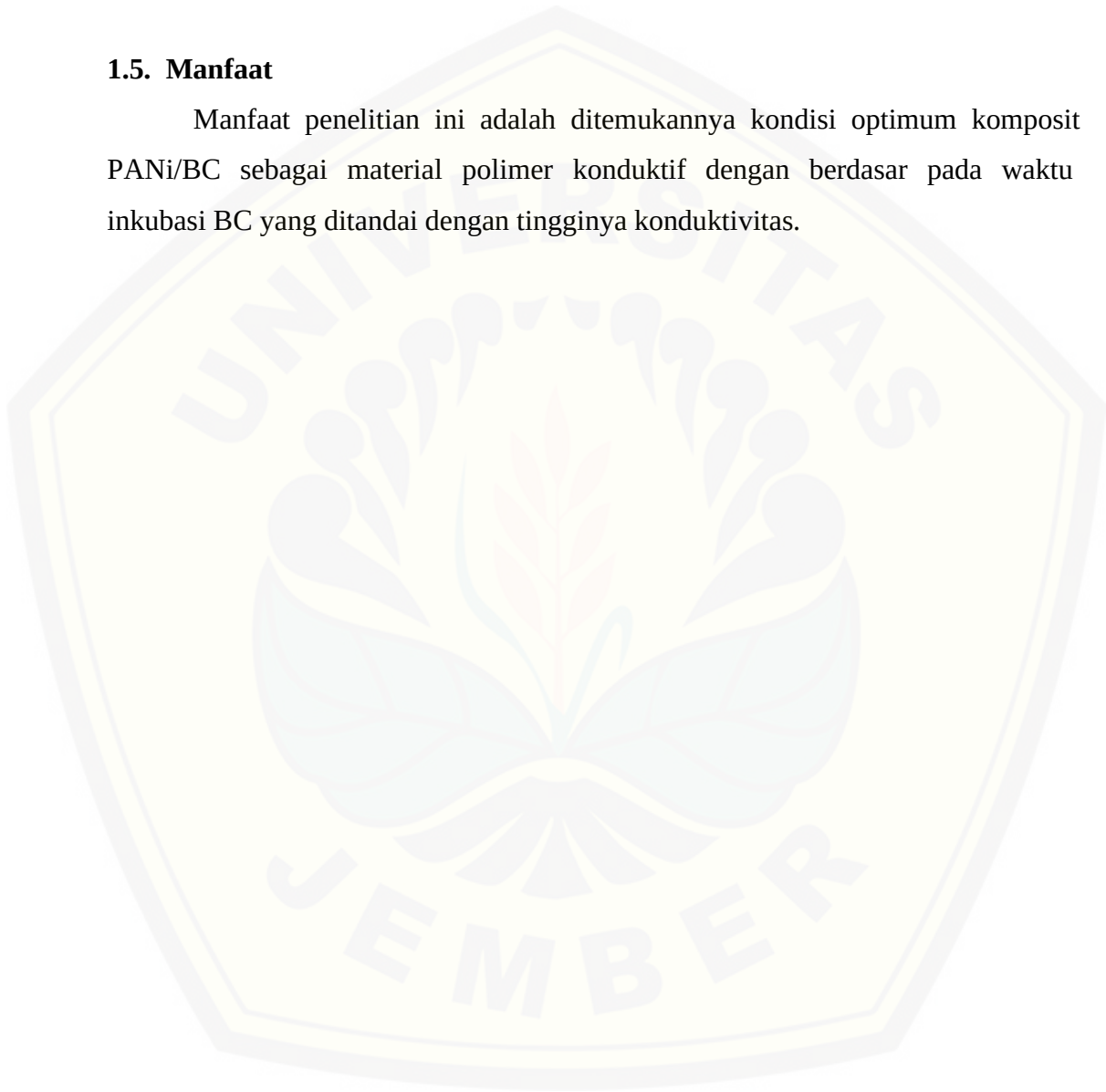
Batasan masalah pada penelitian mengenai sintesis polimer konduktif polianilin /BC adalah sebagai berikut :

1. Nata de Coco produksi SMKN 5 Jember sebagai selulosa bakteri dengan lama inkubasi 3 hari dan 11 hari
2. Senyawa dopan yang digunakan adalah HCl dan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 1,2M.

3. Metode polimerisasi yang digunakan adalah polimerisasi oksidasi dengan jenis reaksi *in situ*.
4. Rasio molar menggunakan anilin : HCl : APS (1 M; 1,2 M; 1 M)(Wang *et al.*, 2012), serta anilin : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : APS dengan rasio molar yang sama

#### 1.5. Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah ditemukannya kondisi optimum komposit PANi/BC sebagai material polimer konduktif dengan berdasar pada waktu inkubasi BC yang ditandai dengan tingginya konduktivitas.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Polimer Konduktif

Selama beberapa tahun kebelakang, pemanfaatan polimer organik sebagai material isolator dalam sistem kelistrikan mulai berkembang pesat. Polimer organik yang berperan sebagai material isolator tersebut disebut polimer konduktif. Pengembangan polimer konduktif dipilih sebagai perangkat penyimpanan energi yang ramah lingkungan karena material organik memiliki sifat yang mudah terurai melalui proses alami dibandingkan dengan perangkat penyimpanan lain yang berdasar pada material an-organik seperti Ni, Ni-Cd dan Li-ion (William *et al.*, 2014). Polimer konduktif yang umum dikembangkan sebagai material isolator adalah poliasetilena, polianilin, dan polianilin (Adriani *et al.*, 2013). Menurut (Rajabiah, 2016), polimer konduktif merupakan sebuah material yang berasal dari penggabungan dari beberapa monomer membentuk suatu polimer yang menjadi sebuah material semikonduktor.

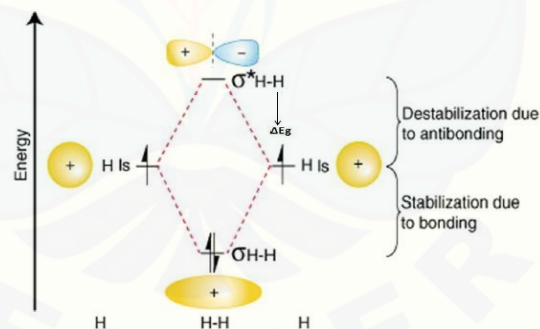
Polimer yang dapat bersifat konduktif disebut polimer konduktif (*Conducting Polymer*). Polimer konduktif (CP) adalah polimer dengan penyusun dasar berasal dari senyawa organik yang dapat bersifat sebagai semi-konduktor atau sebagai konduktor. CP yang umum dikembangkan antara lain polianilin (PANi), polipirol, politiofena, dan polifenil vinilena. Polimer konduktif memiliki sistem terkonjugasi dimana elektron- $\pi$  mampu berdelokalisasi sepanjang rantai polimer, sehingga memiliki sifat optik dan sifat kelistrikan yang khas (Kaveeta *et al.*, 2012)

Polimer konduktif umumnya merupakan sebuah molekul yang memiliki sistem terkonjugasi, selain itu memiliki ikatan tunggal dan ikatan rangkap yang saling bergantian pada rantai polimernya. Pada molekul tersebut, memungkinkan elektron untuk dapat berpindah dari satu ke lainnya pada sistem polimer melalui pemanjangan ikatan  $\pi$  (Rahman *et al.*, 2008). Hal ini menyebabkan polimer konduktif dapat berperan sebagai semikonduktor atau sebagai konduktor. Melalui pendekatan bagaimana pita-pita energi (*Bands*) dan kulit elektron dapat terbentuk

dalam suatu molekul polimer. Penjelasan mengenai sifat kelistrikan polimer konduktif (CP), dapat digunakan Teori Band untuk dapat menjelaskan mekanisme konduksi pada polimer konduktif (CP). Teori Band berasal dari pembentukan energi pita (*band*) pada material polimer dari orbital yang diskrit dengan tingkat energi yang ditemukan dalam sistem atom tunggal (Molapo *et al.*, 2012).

## 2.2 Teori Band Gap

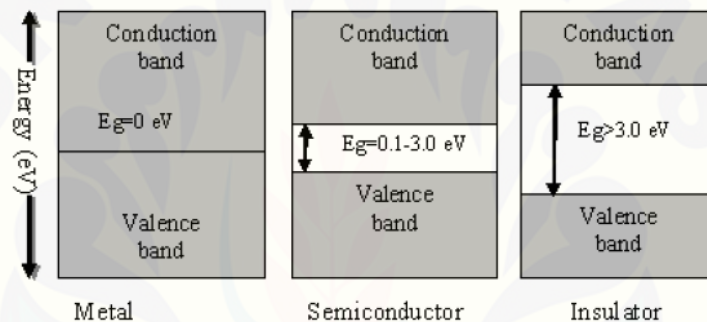
Pendekatan kimia untuk teori *band gap* adalah untuk menghubungkannya dengan teori orbital molekul. Berdasarkan teori orbital molekul, menggunakan atom hidrogen H (1) dan H (2) sebagai contoh gambar 2.1 orbital molekul atom dari atom H (1) dapat tumpang tindih dengan orbital molekul atom H (2). Atom hidrogen dapat menghasilkan pembentukan dua orbital molekul yang dikenal sebagai orbital molekul ikatan dan anti ikatan (Atkins dan Paula, 2006). Terjadinya delokasi pada kedua atom dan orbital molekul ikatan memiliki energi lebih rendah daripada orbital atom H (1) dan H (2), sedangkan orbital molekul anti ikatan memiliki energi lebih tinggi.



Gambar 2.1 Orbital Molekul pada Molekul Diatomik (Molapo *et al.*, 2012)

Pita energi yang dihasilkan dari orbital ikatan molekul dikenal sebagai pita valensi, sedangkan pita konduksi adalah sebagai hasil dari orbital anti ikatan molekul seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2. Pita valensi mewakili *Highest Occupied Molecular Orbital* (HOMO) dan pita konduksi mewakili *Lowest Unoccupied Molecular Orbital* (LUMO). Perbedaan antara tingkat energi HOMO dan LUMO disebut energi gap ( $E_g$ ). Energi gap ini mewakili berbagai energi yang tidak terdapat elektron. Pada polimer konduktif ditunjukkan bahwa

untuk memungkinkan terbentuknya keadaan elektronik, susunan molekul CP harus sistem terkonjugasi (Heeger, 2001). Delokalisasi adalah keadaan elektronik yang bergantung pada struktur stabilitas resonansi polimernya. Ukuran celah pita energi bergantung pada perluasan delokalisasi dan pergantian ikatan rangkap dan tunggal. Selain itu ukuran celah pita energi akan menentukan apakah polimer konduktif adalah logam, semikonduktor atau isolator (Cheng *et al.*, 2009). Menggabungkan konsep-konsep yang dijelaskan dalam teori orbital atom dan molekul, sifat elektronik dari logam, semikonduktor, dan isolator dapat dibedakan dengan mengacu pada celah pita energi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.2 Diagram Energi Gap setiap Material (Sumber : Molapo *et al.*, 2012)

Ada dua rancangan yang memungkinkan suatu material dapat bersifat konduktor. Rancangan pertama adalah ketika pita valensi tidak terisi penuh, maka elektron dapat meningkatkan energinya ke tingkat yang lebih tinggi dalam pita valensi, sehingga ia dapat terlepas dari atomnya. Hal ini menciptakan terjadinya konduksi dalam pita yang sama yaitu pada pita valensi dan membutuhkan sedikit energi, sehingga banyak elektron yang mampu mencapainya. Rancangan kedua adalah ketika celah pita sangat kecil, misalnya = 0,1 - 3 eV, maka elektron dapat meningkatkan energi dan melepaskan diri dari atom dengan melompat ke tingkat energi yang lebih tinggi pada pita konduksi (Bott, 1998). Lebih lanjut, lubang yang terbentuk pada pita valensi karena elektron yang berpindah ke pita konduksi, juga berkontribusi terhadap konduktivitas listrik. Hal ini karena adanya transfer muatan (elektron atau lubang) melalui rantai polimer yang menyebabkan

konduksi. Oleh karena itu sifat listrik semikonduktor ditentukan oleh jumlah elektron dalam pita konduksi dan jumlah lubang pada pita valensi (Bott, 1998).

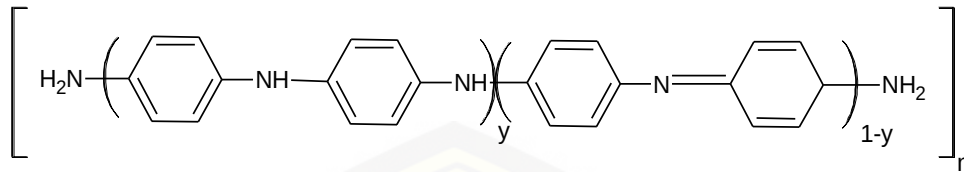
## 2.2 Polimer Konduktif Polianilin (PANi)

Polianilin (PANi) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dapat disintesis melalui reaksi polimerisasi anilin ( $C_6H_5NH_2$ ). Anilin adalah suatu senyawa dari turunan benzena dengan salah satu atom hidrogen mengalami perubahan dengan gugus amina ( $-NH_2$ ) (Kertati, 2008). Anilin merupakan suatu senyawa yang memiliki sifat mudah untuk disintesis serta memiliki stabil terhadap lingkungan, dan tahan pengkaratan (korosi). Selain itu, pada polianilin juga mampu diterapkan senyawa dopan untuk meningkatkan konduktivitasnya (Kroscwitz, 1990).

Penggunaan senyawa dopan yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan konduktivitas, dengan proses yang disebut *dopping* dengan cara protonasi. Proses *dopping* bertujuan untuk menurunkan densitas elektron pada ikatan sistem terkonjugasi, sehingga konduktivitas polimer mengalami perubahan yang semula semikonduktif menjadi lebih konduktif (Heeger, 2001). Polianilin (PANi) memiliki beberapa tingkatan oksidasinya antara lain Basa Leukomerardin (LB) tereduksi penuh, Basa emeraldin (EB) setengah teroksidasi, dan Basa Pernigranilin (PB) teroksidasi penuh (Mihardi, 2008). Berdasarkan kestabilannya, bentuk LB dan PB tidak memiliki kestabilan yang lebih baik dibandingkan dengan EB sehingga memengaruhi dalam pembentukan sifat kelistrikannya.

Sebagai polimer dalam keadaan campuran oksidasi yang terdiri dari unit quinoid dan benzoid. Keadaan oksidasi rata-rata polianilin dilambangkan sebagai  $1-y$  dimana nilai  $y$  menunjukkan keberadaan masing-masing dari ketiga keadaan oksidasi polianilin yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Jadi polianilin ada sepenuhnya tereduksi yaitu leukomerardin (LE) dimana  $1-y = 0$ , setengah teroksidasi yaitu basa emeraldin (EB) di mana  $1-y = 0,5$  dan pernigranilin yaitu teroksidasi penuh (PE) di mana  $1-y = 1$  (Shimano dan MacDiarmid, 2001). EB dianggap sebagai bentuk yang paling berguna polianilin karena stabilitas

tinggi pada suhu kamar, serta terdiri dari dua bagian benzoid dan satu bagian quinoid yang berganti (Masdarolomoor *et al.*, 2006).



Gambar 2.3 Perbedaan keadaan oksidasi polianilin ( $y = 1$  leukomeraldin,  $n = 0,5$  basa emeraldin dan  $1-y = 0$  pernigranilin) (Sumber : Molapo *et al.*, 2012)

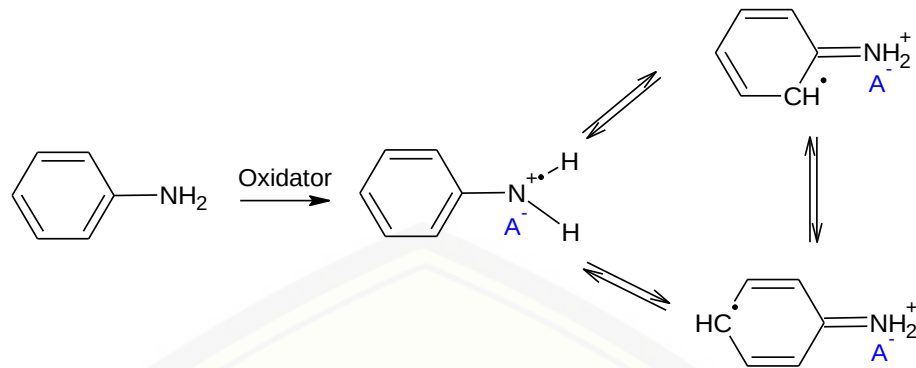
### 2.3 Polimerisasi Polianilin (PANI)

Prinsip reaksi polimerisasi polianilin dapat dilakukan dengan 2 macam metode polimerisasi, yaitu elektropolimerisasi dengan menggunakan elektroda dan polimerisasi secara kimia. Pada polimerisasi secara kimia yaitu berprinsip pada oksidasi dari agen oksidasi seperti Besi(III) klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dan amonium persulfat  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$  (Skotheim *et al.*, 1998). Pada polimerisasi dengan reaksi kimia, monomer akan mengalami oksidasi untuk menginisiasi reaksi yang akan berlangsung. Besi(III) klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dengan nilai potensial oksidasi sebesar  $E_0 = 0.77 \text{ V}$  dan amonium persulfat  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$  dengan nilai potensial oksidasi sebesar  $E_0 = 1.94 \text{ V}$  adalah agen pengoksidasi yang umum digunakan (Maser *et al.*, 2008). Seperti halnya dengan metode elektropolimerisasi, kondisi pH asam dengan  $\text{pH} < 3$  juga dibutuhkan selama reaksi kimia polimerisasi. Penggunaan pH rendah atau dalam keadaan asam akan meminimalisir pembentukan produk yang tidak diinginkan (Dong *et al.*, 2007).

Polimerisasi anilin secara reaksi kimia dan elektrokimia dihasilkan dari propagasi radikal. Pada tahap inisiasi umum terjadi pada kedua metode tersebut. Berikut merupakan langkah-langkah terjadinya polimerisasi anilin.

#### Tahap 1 : Oksidasi Monomer

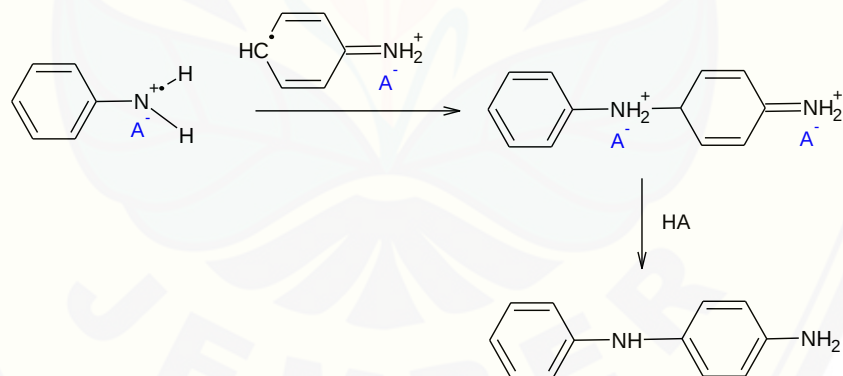
Pada tahap inisiasi yang tergambar pada gambar 2.4 menunjukkan bahwa pembentukan radikal kation terjadi akibat adanya oksidasi dari agen pengoksidasi. Radikal kation yang terbentuk memiliki tiga bentuk resonansinya. Pada tahap ini merupakan tahap terlama daripada tahap-tahap lainnya selama reaksi, dimana pada tahap ini dianggap sebagai tahap penentu polimerisasi anilin.



Gambar 2.4 Oksidasi monomer anilin

### Tahap 2 : Kopleng Radikal dan Re-aromatisasi

Penggabungan bagian kepala ke bagian ekor pada posisi *N*- dan *para*- radikal kation menghasilkan spesies dimer dikation. Pada dimer ini selanjutnya akan mengalami proses re-aromatisasi yang menyebabkan kembalinya ke kondisi normal (tidak bermuatan), dengan menghasilkan *intermediate* p-aminodifenilamin. Proses ini juga disertai dengan pelepasan dua proton (Gospodinova *et al.*, 1998).

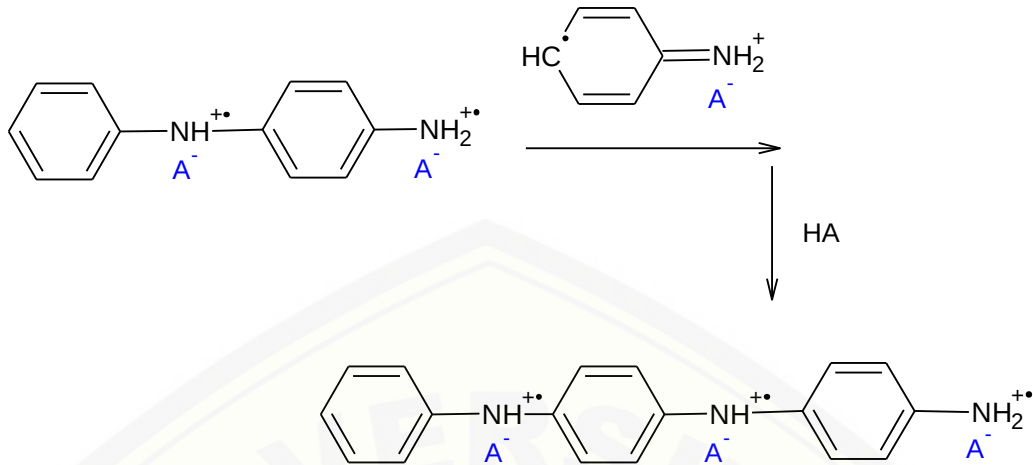


Gambar 2.5 Kopleng radikal dan re-aromatisasi polimerisasi anilin

### Tahap 3 : Propagasi ikatan

Pada tahap propagasi ikatan selama sintesis polianilin, produk awal adalah garam pernigranilin yang penuh teroksidasi seperti yang ditunjukkan gambar 2.5 dibawah.

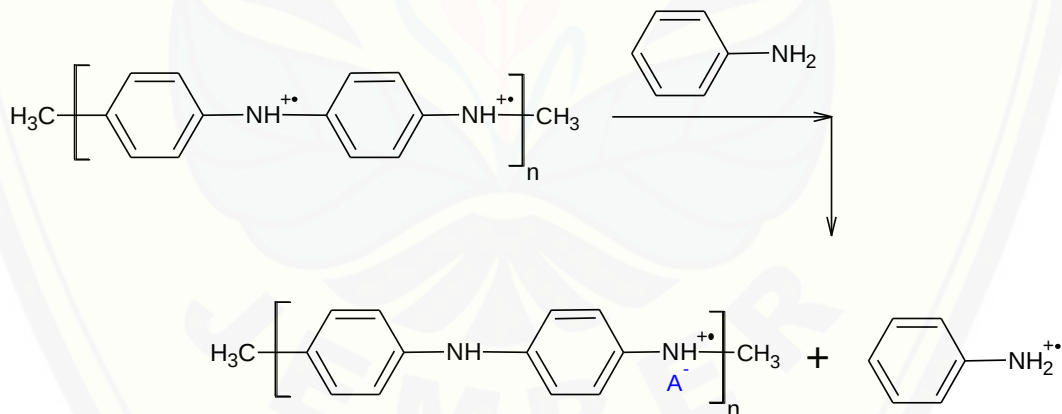




Gambar 2.6 Propagasi ikatan polimer selama polimerisasi anilin

Tahap 4 : Reduksi garam pernigranilin menjadi garam emeraldin

Saat semua agen pengoksidasi pada reaksi telah digunakan semua, garam pernigranilin garam terbentuk pada gambar 2.7 akan tereduksi oleh anilin yang tidak bereaksi membentuk garam emeraldin berwarna hijau.

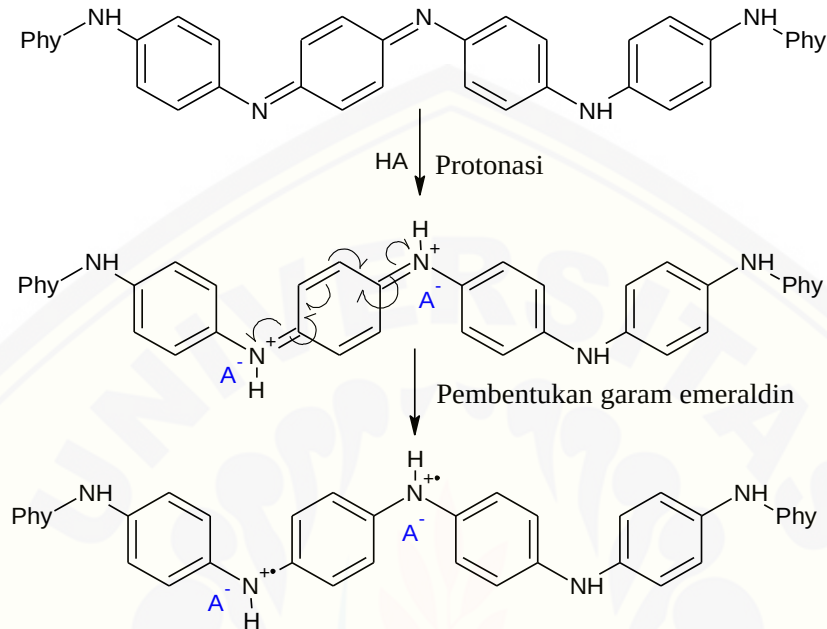


Gambar 2.7 Reduksi garam pernigranilin menjadi garam emeraldin selama polimerisasi anilin (Sumber : Molapo *et al*, 2012)

## 2.4 Sifat Kelistrikan Polianilin (PANI)

Sebelumnya rantai polianilin telah ditunjukkan melalui reaksi bahwa polianilin terbentuk oleh berbagai kombinasi dari dua jenis ikatan yang tersusun berulang. Berdasarkan struktur ini, polianilin memiliki sifat yang unik serta mekanisme kelistrikan yang membedakan dengan polimer konduktif lainnya.

Salah satu contoh yang membedakan adalah konduktivitas polianilin dapat bervariasi seiring dengan tingkat oksidasi (variasi jumlah elektron) dan tingkat terprotonasi (variasi jumlah proton).



Gambar 2.8 Protonasi Basa Emeraldin untuk Membentuk Garam Emeraldin

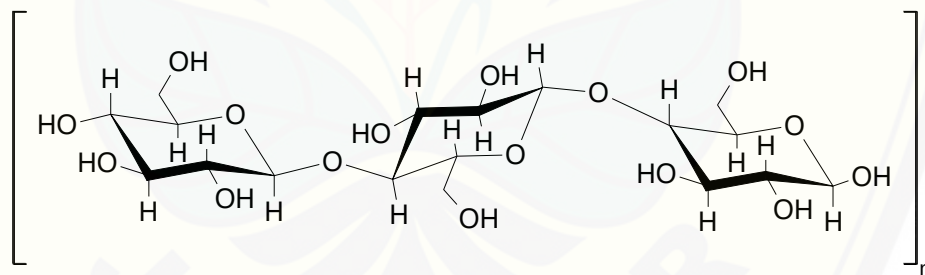
Di antara berbagai tingkat oksidasi PANI, bahwa salah satu tingkatan yang dapat didoping ke keadaan yang sangat konduktif adalah basa emeraldine yang teroksidasi setengah. Bentuk PANI ini memiliki struktur yang terdiri dari susunan yang sama dari situs amina (N-H) dan imina (= N-). Melalui doping asam protonik, situs imina akan terprotonasi oleh asam HA ke dalam bentuk bipolaron. Bentuk bipolaron kemudian mengalami penyusunan ulang lebih lanjut untuk membentuk kisi polaron yang dapat terdelokalisasi yaitu garam kation radikal polisemiquinon seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.8 di atas. Garam emeraldin yang dihasilkan memiliki konduktivitas pada tingkat semikonduktor 100 S/m yang besarnya lebih tinggi daripada polimer biasa ( $<10^0$  S/cm) tetapi lebih rendah dari logam biasa ( $> 10^4$  S/cm) (Bhadra et al., 2009). Namun hanya 1% pembawa muatan yang terdapat dalam garam emeraldine yang berkontribusi terhadap konduktivitas. Jika semua pembawa muatan berkontribusi terhadap

konduktivitasnya, maka konduktivitas yang dihasilkan pada suhu kamar adalah  $\sim 10^5$  S/cm, yang sebanding dengan tembaga (Kohlman *et al.*, 1997).

## 2.4 Selulosa Bakteri “Nata de Coco”

Selulosa adalah polimer glukosa paling melimpah, murah dan tersedia di dunia, diekstraksi secara tradisional dari tanaman atau limbahnya. Polimer ini biasanya bercabang dengan hemiselulosa dan lignin melalui proses kimia yang dengan perlakuan alkali dan asam keras untuk mendapatkan produk murni (Sun, 2008). Meningkatnya permintaan turunan selulosa tanaman telah meningkatkan konsumsi kayu sebagai bahan baku, menyebabkan *deforestasi* dan masalah lingkungan global (Rahman *et al.*, 2008) (Park *et al.*, 2003).

Meskipun tanaman adalah penyumbang utama selulosa, berbagai bakteri dapat menghasilkan selulosa sebagai sumber alternatif. Selulosa bakteri (BC) pada awalnya dilaporkan oleh Brown (1988) dengan mengidentifikasi pertumbuhan partikel tidak bercabang dengan struktur secara kimiawi setara dengan selulosa tumbuhan.



Gambar 2.9 Struktur Selulosa Bakteri (Sumber : Alonso *et al.*, 2018)

Karena struktur BC yang hanya terdiri dari monomer glukosa, ia menunjukkan banyak sifat seperti struktur nano yang unik (Chen *et al.*, 2010), kapasitas penampung air yang tinggi (Saibuatong dan Phisalaphong, 2010), sifat mekanik yang tinggi (Castro *et al.*, 2011) dan kristalinitas tinggi (Keshk, 2014). Selain itu berdasarkan strukturnya, BC polimer alam yang berbentuk jaringan tiga dimensi dan mampu menyerap banyak air. Hidrogel BC memiliki fleksibilitas dan sifat mekanik yang bagus serta mampu menyesuaikan ukuran maupun bentuk terhadap perubahan lingkungan. Berdasarkan kelebihan tersebut, sehingga BC memiliki

kemampuan untuk menyerap monomer-monomer lain atau monomer yang reaktif. Polimerisasi tersebut berpotensi terjadi di dalam jaringan BC menempati pori-pori dan saling berinteraksi dengan rantai serat BC (Cahyandari, 2014).

Selulosa bakteri merupakan selulosa hasil dari bakteri *Acetobacter xylinum* yang berperan dalam pembentukan serat selulosa. Parameter yang umum digunakan dalam penelitian mengenai selulosa bakteri adalah tingkat kekenyalan suatu *nata* sebagai indikasi seberapa banyak selulosa yang terbentuk. Tingkat kekenyalan dipengaruhi oleh waktu inkubasi selulosa bakteri. Semakin lama waktu inkubasi yang digunakan, maka selulosa yang dihasilkan juga akan semakin banyak dan tekstur atau kekenyalan *nata* yang kenyal, karena masih adanya nutrisi yang digunakan bakteri untuk tetap memproduksi selulosa (Awwaly et al., 2011). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Al Awwaly et al (2011) melaporkan bahwa waktu inkubasi yang dapat terlihat perbedaan yang signifikan yaitu pada rentang waktu 1-4 hari tekstur *nata* yang tidak terlalu kenyal dan pada rentang waktu 5-9 hari menunjukkan tekstur *nata* yang kenyal.

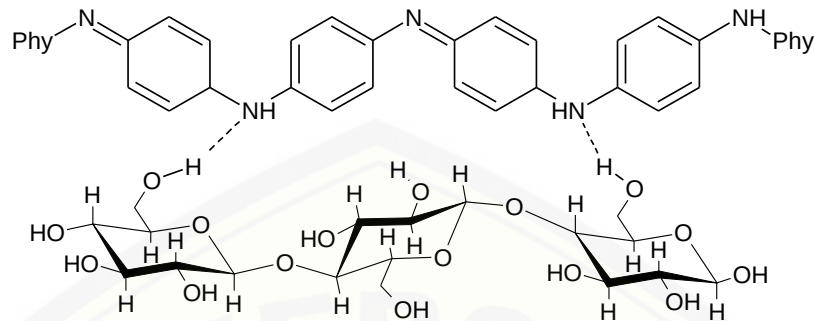
#### 2.4 Komposit PANi/BC

Menurut Matthews et al (1993), komposit merupakan suatu materi yang tersusun oleh kombinasi dua atau lebih material yang berbeda untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari material penyusun. Campuran yang membentuk suatu komposit memiliki sifat fisik dan karakteristik yang berbeda dari material awal pembentuknya. Menurut Fahri et al (2013) suatu komposit mampu ditentukan ciri khasnya melalui :

- a. Karakteristik material penyusun komposit
- b. Bentuk dari material penyusunnya
- c. Interaksi antar material penyusun

Matriks berperan sebagai media terikatnya polimer konduktif pada gugus fungsi yang terdapat pada komposit (Widodo, 2008). Salah satu contoh matriks sebagai tempat terikatnya polianilin adalah BC. Matriks BC dalam pembuatan komposit polianilin-selulosa berfungsi sebagai pengatur struktur polianilin dan

meningkatkan nilai konduktivitas polianilin. Berikut merupakan ilustrasi interaksi antara polianilin dengan BC.

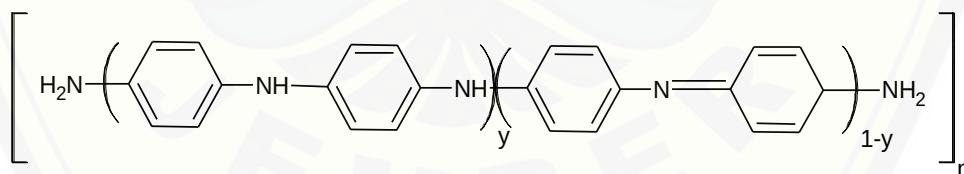


Gambar 2.10 Struktur Komposit PANi/BC (Sumber : Alonso *et al*, 2018)

Berdasarkan gambar di atas maka polianilin akan masuk kedalam serat selulosa, sehingga memungkinkan terjadinya interaksi antara atom nitrogen pada polianilin dengan hidrogen pada gugus hidroksil BC.

## 2.5 Karakterisasi Komposit Polianilin

Komposit polianilin pasti memiliki perbedaan signifikan baik dari sifat kelistrikannya maupun struktur polimer polianilin. Perbedaan tersebut dapat ditimbulkan dengan adanya penggunaan senyawa dopan pada polianilin, yang secara otomatis dapat merubah struktur polimer polianilin. Polimer polianilin umum tanpa penambahan dopan memiliki struktur sebagai berikut :



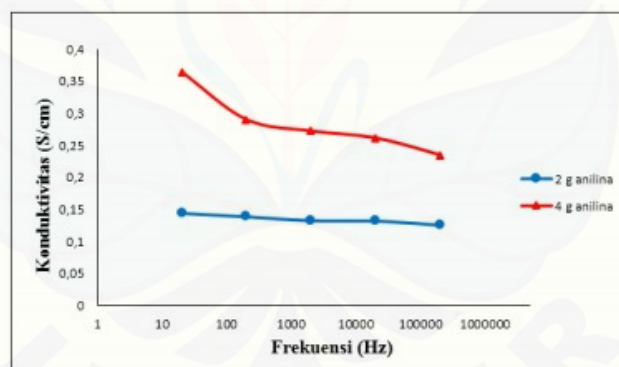
Gambar 2.11 Struktur Polianilin

Struktur polianilin di atas merujuk pada struktur basa emeraldin dengan konfigurasi setengah teroksidasi dan tereduksi. Struktur tersebut memungkinkan karakterisasi dapat dilakukan dengan menganalisa sifat kelistrikannya dengan mengukur konduktivitasnya. Selain itu, analisis *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) digunakan untuk mengetahui pengaruh struktur polianilin terhadap sifat kelistrikan yang dimiliki.

### 2.5.1 Karakterisasi Sifat Kelistrikan (LCR meter)

LCR meter adalah suatu instrumen kelistrikan yang spesifik digunakan dalam pengukuran independensi dengan jenis pengukuran yang dapat diubah-ubah (induktansi, kapasitansi, dan resistansi). LCR meter memiliki rentang frekuensi yang cukup bervariasi. Seperti halnya instrumen 2T yang memiliki frekuensi kerja tunggal, memiliki rentang frekuensi pada LCR meter Agilent 4263B yaitu 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 20 kHz, 100 kHz. Terdapat pula LCR meter dengan jenis lain yang memiliki rentang frekuensi sampai di atas 100 MHz yaitu pada LCR meter Agilent 4294A (Callegaro *et al.*, 2013).

Berdasarkan penelitian mengenai pengembangan komposit PANi/BC memiliki hasil konduktivitas yang beragam bergantung pada jenis dopan, jumlah monomer, jenis inisiator, dan lain sebagainya. Penelitian yang dilakukan oleh William *et al* (2014) dengan menggunakan variasi massa monomer melaporkan bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan, konduktivitas yang dihasilkan cenderung menurun.



Gambar 2.12 Grafik Konduktivitas Komposit Polianlin/BC terhadap Frekuensi

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Elektroda Polianlin/BC

Frekuensi Hz	Nilai konduktivitas komposit Polianlin/BC (S/cm)	
	2 g Anilin	4 g Anilin
20	0,1422	0,3644
200	0,1389	0,2899
2000	0,1329	0,2720
20000	0,1323	0,2610
200000	0,1259	0,2342

Hal ini dikarenakan pada frekuensi mula-mula yaitu 20 Hz energi kecil yang diberikan membuat elektron bergerak secara perlahan dan teratur mencapai elektroda alat. Namun semakin tinggi frekuensi pengukuran dilakukan semakin besar pula energi yang diberikan, maka mengakibatkan pergerakan elektron pada elektroda Polianlin/BC akan semakin cepat. Pergerakan elektron yang sangat cepat akan membuat elektron-elektron bergerak tidak beraturan, kemudian saling bertumbukan dan berhamburan sehingga hanya sedikit jumlah elektron yang mencapai elektroda alat. Semakin kecil jumlah elektron yang mencapai elektroda alat, maka puncak listrik yang diterima oleh detektor juga kecil sehingga nilai konduktivitas yang terukur akan rendah.

Nilai konduktivitas komposit Polianlin/BC yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu berada pada kisaran  $10^{-1} - 100$  S/cm. Menurut Heeger *et al.* (2000) suatu bahan yang nilai konduktivitasnya pada kisaran  $10^6$  sampai  $10^2$  S/cm digolongkan sebagai bahan yang bersifat semikonduktor. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa komposit polianilina-selulosa (Polianlin/BC) yang dihasilkan bersifat semikonduktor.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Adriani *et al.*, 2013) dengan variasi massa monomer 0,5 g, 1.0 g, dan 1.5 g melaporkan bahwa nilai konduktivitas berada dibawah parameter yang telah diajukan oleh Heeger *et al* (2000) yaitu.

Tabel 2.2 Perbandingan Nilai Konduktivitas Komposit PANi/BC dan Polianilin

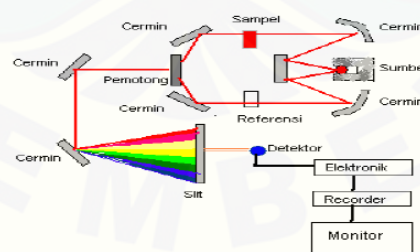
Variasi Massa Anilin (gram)	Konduktivitas Komposit (S/cm)	Konduktivitas PANi (S/cm)
0.5	$3,82 \times 10^{-5} - 1,14 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-5} - 2,38 \times 10^{-4}$
1.0	$1,25 \times 10^{-3} - 3,07 \times 10^{-3}$	$3,19 \times 10^{-3} - 1,42 \times 10^{-2}$
1.5	$1,57 \times 10^{-3} - 5,32 \times 10^{-3}$	$1,81 \times 10^{-3} - 1,02 \times 10^{-2}$

Penelitian lain yang menggunakan rasio larutan-larutan pada penelitian yang dilakukan oleh (Wang *et al.*, 2012) massa BC (1 g) : massa anilin (10 g) dan rasio konsentrasi anilin (1 M) : HCl / dopan (1.2 M) : APS (1 M) melaporkan bahwa konduktivitas yang terbaik yaitu 5.1 S/cm

### 2.5.2 *Fourier Transform Infra Red (FT-IR)*

Jumlah energi yang diperlukan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Bilangan gelombang suatu serapan dapat dihitung menggunakan persamaan yang diturunkan dari Hukum Hooke. Persamaan di atas menghubungkan bilangan gelombang dari vibrasi regangan ( $\nu$ ) terhadap konstanta gaya ikatan ( $f$ ) dan massa atom (dalam gram) yang digabungkan oleh ikatan ( $m_1$  dan  $m_2$ ). Konstanta gaya merupakan ukuran tegangan dari suatu ikatan. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa ikatan yang lebih kuat dan atom yang lebih ringan menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Semakin kuat suatu ikatan, makin besar energi yang dibutuhkan untuk meregangkan ikatan tersebut. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom sehingga vibrasi atom yang lebih berat terjadi pada frekuensi yang lebih rendah (Bruce, 2001).

Pancaran infra merah pada umumnya mengacu pada bagian spektra elektromagnetik yang terletak di antara daerah tampak dan daerah gelombang mikro. Sebagian besar kegunaannya terbatas di daerah antara  $4000\text{ cm}^{-1}$  dan  $666\text{ cm}^{-1}$  ( $2,5\text{-}15,0\ \mu\text{m}$ ). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat,  $14.290\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$  ( $0,7\text{-}2,5\ \mu\text{m}$ ) dan daerah infra merah jauh,  $700\text{-}200\text{ cm}^{-1}$  ( $14,3\text{-}50\ \mu\text{m}$ ) (Silverstain, 1967).



Gambar 2.13 Skema Instrumen FTIR

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti Fourier Transform Infra Red (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga



terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990).

Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan puncak ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Bassler, 1986). Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (fourier transform). Kemudian puncak itu diubah menjadi spektra IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

1. Mendeteksi puncak lemah
2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
3. Analisis getaran (Silverstain, 1967).

Spektrogram komposit PANi/BC yang dilakukan oleh Wang *et al* (2012) menunjukkan bahwa terjadi penurunan transmittan pada beberapa puncak khas yang dimiliki oleh selulosa bakteri. Penurunan transmittan terjadi karena adanya polianilin yang berinteraksi dengan rantai selulosa, sehingga pada spektra komposit PANi/BC muncul puncak ikatan C-N yaitu pada bilangan gelombang  $1294\text{ cm}^{-1}$ ,  $1164\text{ cm}^{-1}$ , dan  $849\text{ cm}^{-1}$ . Serta adanya puncak ikatan khas C-C aromatik pada bilangan gelombang berkisar  $1536\text{ cm}^{-1}$  dan  $1448\text{ cm}^{-1}$ .

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sampai bulan Desember 2019 bertempat di Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember dan Laboratorium Instrumentasi Fakultas Farmasi Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

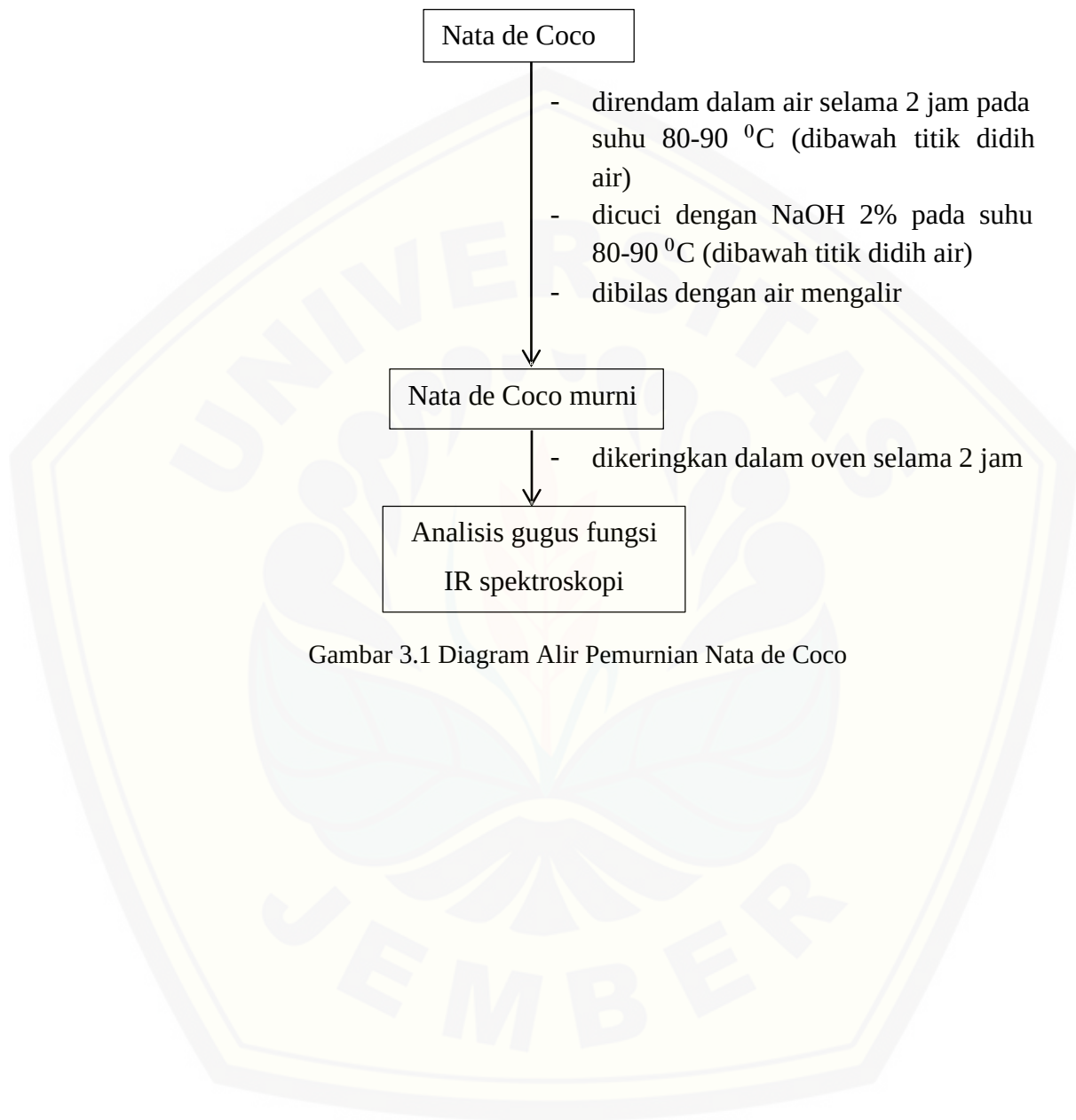
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi dua jenis alat berdasarkan metode sintesis dan karakterisasi. Peralatan yang digunakan meliputi gelas beaker dengan volume tampung 50 mL, 100 mL dan 150 mL, gelas erlenmeyer dengan volume tampung 50 mL, 100 mL dan 150 mL, labu ukur 50 mL dan 100 mL, batang pengaduk, alat penekan sederhana, pipet tetes, pipet mohr, *ball pipet*, desikator, corong kaca, gunting, *shaker* otomatis. Peralatan karakterisasi meliputi LCR (*Inductance, Capacitance, Resistance*) meter dan seperangkat alat *Fourier Transmittance Infra-Red (FTIR)*.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain monomer anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) p.a, nata de coco, kloroform ( $CHCl_3$ ) p.a, Amonium peroksidisulfat ( $(NH_4)_2S_2O_8$ ) p.a, akuades, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 2 M, asam klorida 2 M (HCl), aseton ( $C_3H_6O$ ), NaOH 2%

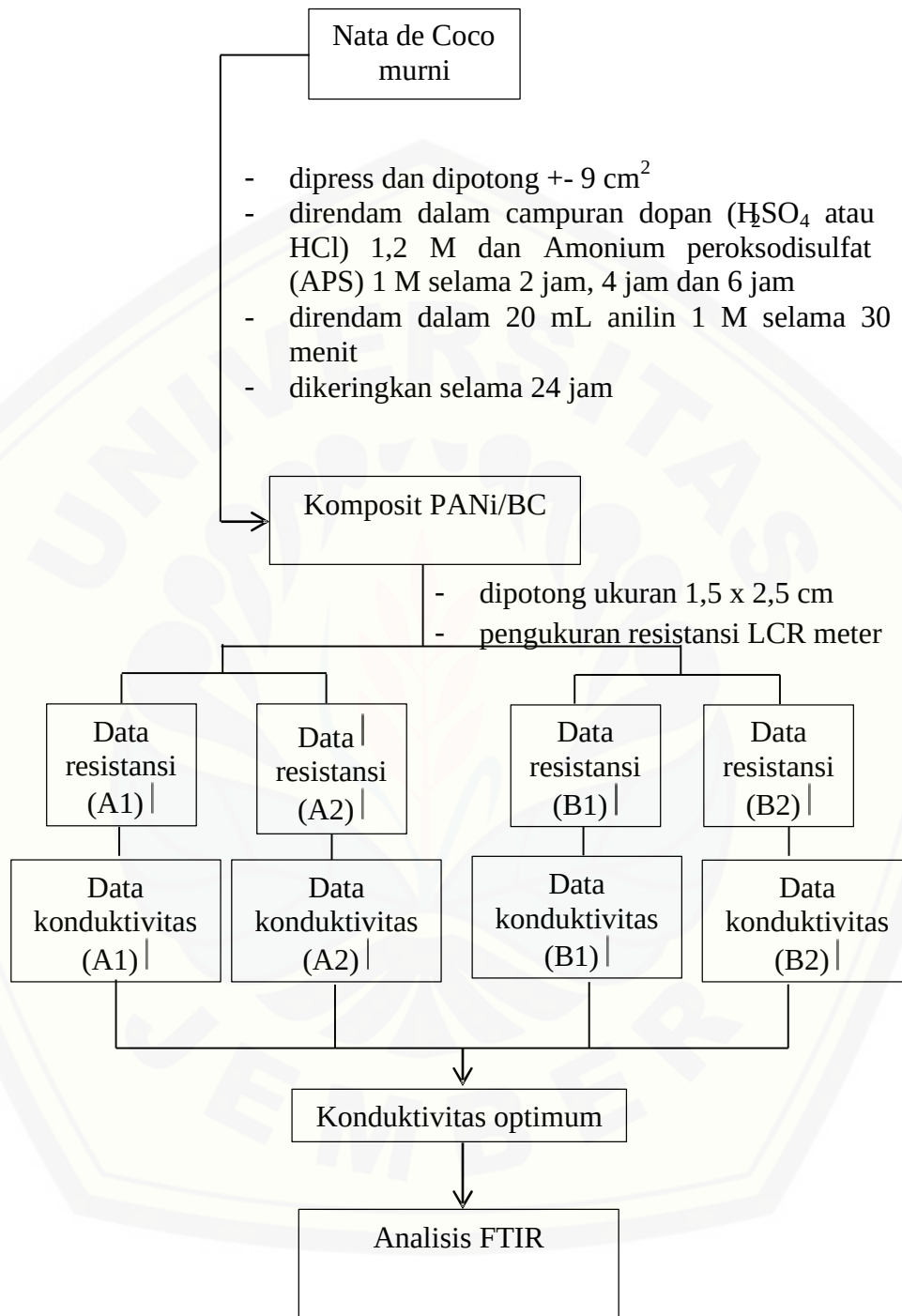
### 3.3 Rancangan Penelitian

#### 3.3.1 Diagram Alir Pemurnian Nata de Coco



Gambar 3.1 Diagram Alir Pemurnian Nata de Coco

### 3.3.2 Diagram Alir Sintesis Komposit PANi/BC



Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis Komposit PANi/BC

### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Larutan

##### 3.4.1.1 Larutan Anilin 1 M 100 mL

Larutan anilin 99,5% (b/v) disiapkan sebanyak 9,2 mL, kemudian dilarutkan secukupnya dengan kloroform (<100 mL) dalam gelas beaker. Larutan diaduk hingga homogen. Larutan dipindah ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah dengan pelarut kloroform sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen.

##### 3.4.1.2 Larutan Amonium Peroksidisulfat (APS) 1 M 100 mL

Padatan amonium peroksidisulfat disiapkan sebanyak 22.82 gram, kemudian dilarutkan secukupnya dengan akuades (<100 mL) dalam gelas beaker. Larutan diaduk hingga homogen. Larutan dipindah ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambah dengan akuades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen.

##### 3.4.1.3 Larutan HCl 2 M dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M 100 mL

Pembuatan larutan HCl 1.2 M diawali dengan penyiapan larutan HCl 2 M dalam gelas beaker, kemudian diambil sebanyak 60 mL yang dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Akuades ditambahkan dalam labu alas bulat sampai dengan tanda batas. Pembuatan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 1.2 M sama seperti tahapan pembuatan larutan HCl 1.2 M sebelumnya..

#### 3.4.2 Preparasi Selulosa Bakteri Nata de Coco

Selulosa bakteri Nata de Coco yang telah diproduksi oleh SMKN 5 Jember dengan waktu inkubasi 3 hari dan 11 hari disiapkan. Nata de Coco direndam dengan air mengalir selama 24 jam, kemudian direndam dalam air panas pada suhu 80-90 °C selama 2 jam, setelah itu dicuci dengan NaOH 2% pada suhu 80-90 °C selama 2 jam dan direndam kembali dengan air panas pada suhu 80-90 °C. Nata de Coco yang telah dimurnikan kemudian dipotong dengan ukuran 3 cm × 4 cm (l×p).

### 3.4.3 Polimerisasi Anilin pada Selulosa Bakteri Nata de Coco

Polimerisasi dilakukan dengan menggunakan perbandingan konsentrasi optimum yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2012) yang melaporkan bahwa perbandingan molar antara Anilin : HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : APS adalah 1:1.2:1. Polimerisasi dilakukan dengan proses *in situ*. BC nata de coco dengan lama inkubasi 3 dan 11 hari dimasukkan masing-masing ke dalam campuran APS (15 mL) dan dopan (15 mL) selama 2, 4, dan 6 jam. BC nata de coco yang telah terdifusi oleh APS dan dopan (HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kemudian direndam dalam 25 mL anilin selama 30 menit. Komposit basah dipress dengan ketebalan tertentu kemudian dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu ruang selama 24 jam.. Komposit PANi/BC yang telah terbentuk dicuci dengan menggunakan aseton untuk menghilangkan sisa anilin dan dopan yang tidak bereaksi.

### 3.4.4 Karakterisasi Konduktivitas Komposit PANi/BC dengan LCR Meter

Sifat kelistrikan komposit PANi/BC dilakukan dengan menggunakan alat LCR meter. komposit PANi/BC dengan luas permukaan  $P \times L$  (2 cm  $\times$  1.5 cm) dijepit dengan menggunakan papan PCB dengan luas permukaan yang sama dengan komposit. Setiap ujung PCB yang telah terisi komposit kemudian dirangkai dengan kabel-kabel yang terhubung dengan alat LCR meter. Papan PCB ditempatkan dalam wadah kedap udara, kemudian LCR meter dihidupkan dengan skala mengarah ppada pengukuran resistansi. Nilai resistansi dikonversi menjadi nilai konduktivitas dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Resistivitas, } \rho = \frac{R \cdot l}{P \times L} \quad (3.1)$$

$$\text{Konduktivitas, } \sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3.2)$$

Keterangan :  $\rho$  = Resistivitas

R= Resistansi (k $\Omega$ )

l = ketebalan film (m)

$\sigma$  = Konduktivitas ( $\Omega\text{m}^{-1}$ )

A = Luas penampang sampel ( $\text{m}^2$ )

#### 3.4.5 Karakterisasi Gugus Fungsi Komposit PANi/BC dengan *Fourier Transmittance Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengkonfirmasi perubahan spektra IR Nata de Coco sebagai BC setelah dikompositkan dengan polianilin membentuk komposit PANi/BC. Selain itu, analisis FTIR juga digunakan dalam analisis perubahan konduktivitas dari perbedaan jenis dopan dan waktu perendaman. Analisis perubahan konduktivitas komposit PANi/BC dilakukan dengan menghitung rasio puncak serapan (Absorbansi) quinoid terhadap benzoid yang dinyatakan dengan rumus berikut.

$$\frac{A_{\text{quinoid}}}{A_{\text{benzoid}}} = R \quad \text{..... (3.3)}$$

Keterangan :  $A_{\text{quinoid}}$  = Absorbansi Quinoid

$A_{\text{benzoid}}$  = Absorbansi Benzoid

R = Rasio Quinoid/Benzoid

y = Komposisi Benzoid

1-y = Komposisi Quinoid

Rentang bilangan gelombang yang direkam pada  $3500 \text{ cm}^{-1}$  hingga  $500 \text{ cm}^{-1}$ , dimana rentang tersebut meliputi analisa gugus fungsi dan daerah sidik jari pada komposit PANi/BC.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pada akhir penulisan skripsi ini, penulis akan memaparkan beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil karakterisasi yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dapat diambil antara lain :

1. Komposit PANi/BC dengan inkubasi BC 11 hari memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan BC inkubasi 3 hari. Nilai tertinggi pada BC inkubasi 11 hari dan 3 hari secara berturut-turut sebesar  $200 \times 10^{-5}$  S/cm dan  $84,1 \times 10^{-5}$  S/cm.
2. Konduktivitas komposit PANi/BC tertinggi pada komposit dengan dopan  $H_2SO_4$  yaitu sebesar  $2,00 \times 10^{-3}$  S/cm, sedangkan komposit berdopan HCl sebesar  $6,36 \times 10^{-6}$  S/cm.
3. Perlakuan waktu perendaman selama 4 jam menghasilkan nilai konduktivitas tertinggi pada komposit PANi/BC yang berhubungan dengan komposisi benzoid yang lebih mendominasi daripada quinoid pada struktur polianilin.

### 5.2 Saran

Berdasarkan dari studi hasil penelitian yang didapat, maka penulis memberikan saran pada penelitian berikutnya. Saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Penelitian berikutnya diharapkan melakukan analisis baik LCR meter dan FTIR dilakukan dengan jarak waktu yang tidak terlalu jauh, sehingga dapat meminimalisir hasil yang kurang baik.
2. Mempertimbangkan faktor densitas dan *swelling* selulosa pada Nata de Coco sebagai matriks komposit PANi/BC terhadap pembentukan polianilin.
3. Penelitian berikutnya diharapkan untuk menganalisis lebih lanjut pengaruh dari setiap komposisi cincin benzoid dan quinoid terhadap nilai konduktivitas dengan melihat spektra IR yang diperoleh setiap sampel yang dianalisis.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, D. M., Sitorus, B., dan Destiarti, L. 2013. *Sintesis Material Konduktif Komposit Polianilin-Selulosa Dari Tanah Gambut*. 2(3), 127–132.
- Alonso, E., Faria, M., Mohammadkazemi, F., Resnik, M., Ferreira, A., dan Cordeiro, N. 2018. Conductive bacterial cellulose-polyaniline blends: Influence of the matrix and synthesis conditions. *Carbohydrate Polymers*, 183(December), 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.025>
- Atkins, P., de Paula, J. 2006. *Physical Chemistry Edisi 8*. Oxford: Oxford University Press.
- Awwaly, K. U. Al, Puspawati, A., dan Radiati, L. E. 2011. Pengaruh Penggunaan Persentase Starter Dan Lama Inkubasi Yang Berbeda Terhadap Tekstur , Kadar Lemak. *Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 6(2), 26–35.
- Bhadra, S., Khastgir, D., Singha, N. K., dan Lee, J. H. 2009. Progress in preparation, processing and applications of polyaniline. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 34(8), 783–810. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.04.003>
- Bimantoro, A., Manaf, A., Ayu, M., dan Hafizah, E. 2014. Polianilin Sebagai Matriks Material Komposit Penyerap Gelombang Mikro Interference (EMI). *Universitas Indonesia*, 4.
- Bott, A. W. 1998. Electrochemistry of Semiconductors. *Tetsu-to-Hagane*, 76(9), 1423–1436. [https://doi.org/10.2355/tetsutohagane1955.76.9\\_1423](https://doi.org/10.2355/tetsutohagane1955.76.9_1423)
- Bruice, P. Y. 2001. *Organic Chemistry*. New Jersey : Prentice Hall International. Inc.,
- Brown, A.J., 1988. *An Acetic Ferment which forms Cellulose*. *Chemical Society* 49, 432–439.
- Callegaro, L., Durbiano, F., Orru, E., dan Trinchera, B. 2013. An impedance spectrometer for the metrology of electrolytic conductivity. *IEEE*

*Transactions on Instrumentation and Measurement*, 62(6), 1766–1770.  
<https://doi.org/10.1109/TIM.2012.2230731>

Chawla, P. R., Bajaj, I. B., Survase, S. A., dan Singhal, R. S. 2009. Microbial cellulose: Fermentative production and applications. *Food Technology and Biotechnology*, 47(2), 107–124.

Chen, P., Cho, S. Y., dan Jin, H. J. 2010. Modification and applications of bacterial celluloses in polymer science. *Macromolecular Research*, 18(4), 309–320. <https://doi.org/10.1007/s13233-010-0404-5>

Chitte, H. K., Shinde, G. N., Bhat, N. V., dan Walunj, V. E. 2011. Synthesis of Polypyrrole Using Ferric Chloride as Oxidant Together with Some Dopants for Use in Gas Sensors. *Journal of Sensor Technology*, 01(02), 47–56.  
<https://doi.org/10.4236/jst.2011.12007>

Chomari, Moch. Nur., Kusumawati, Diah Hari. 2012. *Variasi Molaritas  $H_2SO_4$  pada Polianilin/  $H_2SO_4$* . Sains & Matematika Vol 1. No. 1

Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektroskopi*. Padang : Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas

Hammo, M. Shamil. 2012. Effect of Acidic Dopants Properties on the Electrical Conductivity of Polyaniline. *Tikrit Journal of Pure Science* 17 (2) 2012. ISSN: 1813 - 1662

Hatchett. David W, Mira Josowicz, and Jir'í Janata. 1999. Acid Doping of Polyaniline: Spectroscopic and Electrochemical Studies. *J. Phys. Chem. B* 1999, 103, 10992-10998

Heeger, A. J. 2001. Nobel lecture: Semiconducting and metallic polymers: The fourth generation of polymeric materials. *Reviews of Modern Physics*, 73(3), 681–700. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.73.681>

Hu, W., Chen, S., Yang, Z., Liu, L., dan Wang, H. 2011. Flexible electrically conductive nanocomposite membrane based on bacterial cellulose and polyaniline. *Journal of Physical Chemistry B*, 115(26), 8453–8457.

<https://doi.org/10.1021/jp204422v>

- Husin, Muhamad Rasyidi., Arsad, Agus., Suradi, Siti Samahani., Alothman., Othman., Ngadi, Norzita., Kamaruddin, Mohd Johari. 2017. Fourier transforms infrared spectroscopy and X-ray diffraction investigation of recycled polypropylene/polyaniline blends. *Chemical Engineering Transactions*, 1015-1020.
- Jarad, A. N., Ibrahim, K., dan Ahmed, N. M. 2016. Synthesis and characterization thin films of conductive polymer (PANI) for optoelektronic device application. *AIP Conference Proceedings*, 1733. <https://doi.org/10.1063/1.4948838>
- Kaveeta, P.J., R.G. Prasad, S.J. Venkata, R.S. Aparna and A.R. Phani, *Nano Biomed. Eng.*, 4 (2012) 144-149.
- Kertati, S. 2008. *Sintesis dan Karakterisasi Polianilin dari Anilium Asetat dan Anilinium Propionat Serta Aplikasi sebagai Sensor Uap Amoniak*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Kroschwitz, J. 1990. *Polymer Characterization and Analysis*. Kanada: John Wiley and Sons, Inc.,.
- Maddu, A., Syafutra, H., dan Ismangil, A. 2010. Uji Konduktivitas Listrik Dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate ( LiTaO<sub>3</sub> ). *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 1(August), 978–979.
- Masdarolomoor, F., Innis, P. C., Ashraf, S., Kaner, R. B., dan Wallace, G. G. 2006. *Nanocomposites of Polyaniline / Poly ( 2- methoxyaniline-5-sulfonic acid )*. *Scheme 1*, 1995–2000. <https://doi.org/10.1002/marc.200600598>
- Mihardi, I. 2008. *Karakteristik Optik Dan Listrik Polianilin Yang Di- Doped HCL*.
- Molapo, K. M., Ndangili, P. M., Ajayi, R. F., Mbambisa, G., Mailu, S. M., Njomo, N., Masikini, M., Baker, P., dan Iwuoha, E. I. 2012. Electronics of conjugated polymers (I): Polyaniline. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(12), 11859–11875.

- Rahman, M. A., Kumar, P., Park, D. S., dan Shim, Y. B. 2008. Electrochemical sensors based on organic conjugated polymers. *Sensors*, 8(1), 118–141. <https://doi.org/10.3390/s8010118>
- Rajabiah, N. 2016. *Surface Plasmon Resonance ( SPR ) Phenomenon of the Oxidizing and Reducing Polypyrrole*. 5(2).
- Shimano, J. Y., dan MacDiarmid, A. G. 2001. Polyaniline, a dynamic block copolymer: Key to attaining its intrinsic conductivity? *Synthetic Metals*, 123(2), 251–262. [https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(01\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(01)00293-4)
- Silverstein, R. M., dan Bassler, G. C. 1967. *Spectrometric Identification of Organic Compounds. Second Edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.,.
- Skotheim, T.A., R.L. Elsenbaumer dan J. Reynold. 1998. *Handbook of Conducting Polymers* . New York: Marcel Dekker.
- Tubagus, R. A., Chairunnissa, H., dan Balia, R. L. 2018. *Karakteristik Fisik Dan Kimia Nata De Milko Dari Susu Substandar Physical And Chemical Characteristics Of Nata De Milko Made From Substandard Milk As Affecting By The Incubation Time*. 18(2), 86–94. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.19926>
- Wang, H., Zhu, E., Yang, J., Zhou, P., Sun, D., dan Tang, W. 2012. *Bacterial Cellulose Nano fi ber-Supported Polyaniline Nanocomposites with Flake-Shaped Morphology as Supercapacitor Electrodes*. <https://doi.org/10.1021/jp301099r>
- Widodo, B. 2008. Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random). *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- William, R. A., Sitorus, B., dan Malino, M. B. 2014. Sintesis Polianilina Pada Matriks Selulosa sebagai Elektrolit Padat pada Model Baterai Sederhana. *Journal Kimia Khatulistiwa*, 3(4), 32–38.

## LAMPIRAN

### 1. Preparasi Monomer Anilin (C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>N)

#### 1.1. Molaritas Anilin 99,5%

Diketahui :

- $\rho$  anilin = 1,02 g/mL
- [Anilin] = 99,5%
- Mr anilin = 93,13 g/mol

$$[\text{Anilin}] = \frac{1000 \times \rho_{\text{Anilin}} \times \%_{\text{Anilin}}}{Mr_{\text{Anilin}}}$$

$$[\text{Anilin}] = \frac{1000 \times 1,02 \text{ g/mL} \times 99,5\%}{93,13 \text{ g/mol}}$$

$$[\text{Anilin}] = \frac{1014,9 \text{ g/L}}{93,13 \text{ g/mol}}$$

$$[\text{Anilin}] = 10,9 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Anilin}] = 10,9 \text{ M}$$

#### 1.2. Pengenceran Anilin 11 M menjadi 1 M

Diketahui :

- $M_1 = 10,9 \text{ M}$
- $M_2 = 1 \text{ M}$
- $V_2 = 100 \text{ mL}$
- $V_1 = ?$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10,9 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}}{10,9 \text{ M}}$$

$$V_1 = 9,2 \text{ mL}$$

### 2. Preparasi Ammonium Peroksodisulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)

Diketahui :

- $M_{\text{APS}} = 1 \text{ M}$

- $M_{\text{rAPS}} = 228,18 \text{ g/mol}$

- $V_{\text{air}} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$

- $m_{\text{APS}} = ?$

$$M_{\text{APS}} = \frac{m_{\text{APS}}}{Mr_{\text{APS}} \times V_{\text{air}}}$$

$$m_{\text{APS}} = M_{\text{APS}} \times Mr_{\text{APS}} \times V_{\text{air}}$$

$$m_{\text{APS}} = 1 \text{ M} \times 228,18 \text{ g/mol} \times 0,1 \text{ L}$$

$$m_{\text{APS}} = 11,4 \text{ g}$$

### 3. Preparasi Dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### 3.1. Molaritas H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 97%

Diketahui :

- $\rho \text{ H}_2\text{SO}_4 = 1,84 \text{ g/mL}$
- % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 97%
- Mr H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 98,08 g/mol

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{1000 \times \rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times \%_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{Mr_{\text{anilin}}}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{1000 \times 1,84 \text{ g/mL} \times 97\%}{98,08 \text{ g/mol}}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{1896,9 \text{ g/L}}{98,08 \text{ g/mol}}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 18,2 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 18,2 \text{ M}$$

#### 3.2. Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 18,2 M menjadi 1,2 M

Diketahui :

- $M_1 = 18,2 \text{ M}$
- $M_2 = 1,2 \text{ M}$
- $V_2 = 100 \text{ mL}$

- $V_1 = ?$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$11,9M \times V_1 = 1,2M \times 100mL$$

$$V_1 = \frac{1,2M \times 100mL}{11,9M}$$

$$V_1 = 10,1mL$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$11,9M \times V_1 = 1,2M \times 100mL$$

$$V_1 = \frac{1,2M \times 100mL}{11,9M}$$

$$V_1 = 10,1mL$$

#### 4. Preparasi HCl

##### 4.1. Molaritas HCl 37%

Diketahui :

- $\rho_{HCl} = 1,18g/mL$
- % HCl = 37%
- $Mr_{HCl} = 36,46 g/mol$

$$[HCl] = \frac{1000 \times \rho_{HCl} \times \%_{HCl}}{Mr_{HCl}}$$

$$[HCl] = \frac{1000 \times 1,18g / mL \times 37\%}{36,46g / mol}$$

$$[HCl] = \frac{436,6g / L}{36,46g / mol}$$

$$[HCl] = 11,9mol / L$$

$$[HCl] = 11,9M$$

##### 4.2. Pengenceran HCl 11,9 M

menjadi 1,2 M

Diketahui :

- $M_1 = 11,9 M$
- $M_2 = 1,2 M$
- $V_2 = 100 mL$

$$V_1 = ?$$

2. Perhitungan Konduktivitas Komposit PANi/BC waktu Inkubasi 11 Hari dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

a) Konduktivitas Komposit PANi/BC dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan waktu perendaman 2 jam (11 Hari)

$$\rho = R \times \frac{A}{l}$$

$$\rho = 62,9 \Omega \times \frac{3,75 \text{ cm}^2}{0,02 \text{ cm}^2}$$

$$\rho = 11793,75 \Omega \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\sigma = \frac{1}{11793,75 \Omega \text{ cm}^{-1}}$$

$$\sigma = 8,48 \times 10^{-5} \text{ S / cm}$$

b) Standard Deviasi

	Xi	Xi <sup>2</sup>
	6,33 × 10 <sup>-5</sup>	4,01 × 10 <sup>-9</sup>
	6,27 × 10 <sup>-5</sup>	3,93 × 10 <sup>-9</sup>
	6,31 × 10 <sup>-5</sup>	3,98 × 10 <sup>-9</sup>
Jumlah	1,89 × 10 <sup>-4</sup>	1,19 × 10 <sup>-8</sup>

$$(\sum Xi)^2 = 3,58 \times 10^{-8}$$

$$SD^2 = \frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}$$

$$SD^2 = \frac{3,58 \times 10^{-8} - \frac{1,19 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}$$

$$SD = \sqrt{\frac{3,58 \times 10^{-8} - \frac{1,19 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}}$$

$$SD = 4,28 \times 10^{-7}$$

$$RSD = \frac{SD}{rata \sigma} \times 100\%$$

$$RSD = \frac{4,28 \times 10^{-7}}{6,30 \times 10^{-5}} \times 100\%$$

$$RSD = 0,68\%$$

**Tabel 1** Komposit PANi/BC waktu inkubasi 11 hari dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M

Waktu Perendaman	Pengulangan	Resistansi (Ohm)	Ketebalan (cm)	Luas (cm)	Konduktivitas (S/cm)	Rata-Rata Konduktivitas (S/Cm)
2 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	62,9	0,02	3,75	8,48×10 <sup>-5</sup>	8,45
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	62,1	0,02	3,75	8,59×10 <sup>-5</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	64,4	0,02	3,75	8,28×10 <sup>-5</sup>	
4 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	1,4	0,01	3,75	1,90×10 <sup>-3</sup>	2,00
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	1,3	0,01	3,75	2,05×10 <sup>-3</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	1,3	0,01	3,75	2,05×10 <sup>-3</sup>	
6 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	44,3	0,01	3,75	6,02×10 <sup>-5</sup>	6,17
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	41,7	0,01	3,75	6,39×10 <sup>-5</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	43,8	0,01	3,75	6,09×10 <sup>-5</sup>	



3. Perhitungan Konduktivitas Komposit PANi/BC) waktu Inkubasi 3 Hari dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

a) Konduktivitas Komposit PANi/BC dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan waktu perendaman 2 jam (3 Hari)

$$\rho = R \times \frac{A}{l}$$

$$\rho = 63,2 \Omega \times \frac{3,75 \text{ cm}^2}{0,015 \text{ cm}}$$

$$\rho = 15800 \Omega \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{1}{15800 \Omega \text{ cm}^{-1}}$$

$$\sigma = 8,33 \times 10^{-5} \text{ S / cm}$$

b) Standard Deviasi

	Xi	Xi <sup>2</sup>
	8,48 × 10 <sup>-5</sup>	7,19 × 10 <sup>-9</sup>
	8,59 × 10 <sup>-5</sup>	7,38 × 10 <sup>-9</sup>
	8,28 × 10 <sup>-5</sup>	6,86 × 10 <sup>-9</sup>
Jumlah	2,53 × 10 <sup>-4</sup>	2,14 × 10 <sup>-8</sup>
$(\sum X_i)^2 = 6,43 \times 10^{-8}$		

$$SD^2 = \frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}$$

$$SD^2 = \frac{6,43 \times 10^{-8} - \frac{2,14 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}$$

$$SD = \sqrt{\frac{6,43 \times 10^{-8} - \frac{2,14 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}}$$

$$SD = 1,55 \times 10^{-6}$$

$$RSD = \frac{SD}{\text{rata } \sigma} \times 100\%$$

$$RSD = \frac{1,55 \times 10^{-6}}{8,45 \times 10^{-5}} \times 100\%$$

$$RSD = 1,84\%$$

**Tabel 2** Komposit PANi/BC waktu inkubasi 3 hari dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M

Waktu Perendaman	Pengulangan	Resistansi (Ohm)	Ketebalan (cm)	Luas (cm)	Konduktivitas (S/cm)	Rata-Rata Konduktivitas (
2 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	63,2	0,015	3,75	6,33×10 <sup>-5</sup>	6,30
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	63,8	0,015	3,75	6,27×10 <sup>-5</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	63,4	0,015	3,75	6,31×10 <sup>-5</sup>	
4 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	382	0,02	2	2,62×10 <sup>-5</sup>	6,30
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	32	0,01	3,75	8,33×10 <sup>-5</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	33	0,01	3,75	8,08×10 <sup>-5</sup>	
6 Jam Perendaman APS + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,2 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	3,2	0,01	3,75	8,33×10 <sup>-4</sup>	8,41
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> **	3,1	0,01	3,75	8,60×10 <sup>-4</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ***	3,22	0,01	3,75	8,28×10 <sup>-4</sup>	

4. Perhitungan Konduktivitas Komposit PANi /BC waktu Inkubasi 11 Hari dopan HCl

a) Konduktivitas Komposit PANi/BC dopan HCl dengan waktu perendaman 2 jam (10 Hari)

$$\rho = R \times \frac{A}{l}$$

$$\rho = 5240 \Omega \times \frac{3,75 \text{ cm}^2}{0,01 \text{ cm}}$$

$$\rho = 2002500 \Omega \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{1}{2002500 \Omega \text{ cm}^{-1}}$$

$$\sigma = 4,99 \times 10^{-7} \text{ S / cm}$$

b) Standard Deviasi

Xi	Xi <sup>2</sup>
4,99 × 10 <sup>-7</sup>	2,49 × 10 <sup>-13</sup>
4,85 × 10 <sup>-7</sup>	2,35 × 10 <sup>-13</sup>
4,84 × 10 <sup>-7</sup>	2,35 × 10 <sup>-13</sup>
Jumlah	1,47 × 10 <sup>-6</sup>

$$(\sum Xi)^2 = 2,16 \times 10^{-12}$$

$$SD^2 = \frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}$$

$$SD^2 = \frac{6,43 \times 10^{-8} - \frac{2,14 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}$$

$$SD = \sqrt{\frac{6,43 \times 10^{-8} - \frac{2,14 \times 10^{-8}}{3}}{3 - 1}}$$

$$SD = 1,55 \times 10^{-6}$$

$$RSD = \frac{SD}{rata \sigma} \times 100\%$$

$$RSD = \frac{1,55 \times 10^{-6}}{8,45 \times 10^{-5}} \times 100\%$$

$$RSD = 1,84\%$$

**Tabel 4** Komposit PANi/BC waktu inkubasi 11 hari dopan HCl 1,2 M

Waktu Perendaman	Pengulangan	Resistansi (Ohm)	Ketebalan (cm)	Luas (cm)	Konduktivitas (S/cm)	Rata-Rata Konduktivitas (S/Cm)
2 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	5340	0,01	3,75	$4,99 \times 10^{-7}$	4,90
	HCL**	2750	0,005	3,75	$4,85 \times 10^{-7}$	
	HCl ***	5504	0,01	3,75	$4,84 \times 10^{-7}$	
4 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	1203	0,03	3,75	$6,65 \times 10^{-6}$	6,36
	HCL**	1504	0,035	3,75	$6,21 \times 10^{-6}$	
	HCl ***	1496	0,035	3,75	$6,24 \times 10^{-6}$	
6 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	1760	0,02	3,75	$3,03 \times 10^{-6}$	3,03
	HCL**	1796	0,02	3,75	$2,97 \times 10^{-6}$	
	HCl ***	1728	0,02	3,75	$3,09 \times 10^{-6}$	

5. Perhitungan Konduktivitas Komposit PANi/BC) waktu Inkubasi 3 Hari dopan HCl

a) Konduktivitas Komposit PANi/BC dopan HCl dengan waktu perendaman 2 jam (3 Hari)

$$\rho = R \times \frac{A}{l}$$

$$\rho = 2430 \Omega \times \frac{3,75 \text{ cm}^2}{0,015 \text{ cm}}$$

$$\rho = 607500 \Omega \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{1}{607500 \Omega \text{ m}^{-1}}$$

$$\sigma = 1,65 \times 10^{-6} \text{ S / cm}$$

b) Standard Deviasi

	$X_i$	$X_i^2$
	$1,65 \times 10^{-6}$	$2,71 \times 10^{-12}$
	$1,63 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-12}$
	$1,56 \times 10^{-6}$	$2,44 \times 10^{-12}$
Jumlah	$4,84 \times 10^{-6}$	$7,80 \times 10^{-12}$
$(\sum X_i)^2 = 2,34 \times 10^{-11}$		

$$SD^2 = \frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n - 1}$$

$$SD^2 = \frac{2,34 \times 10^{-11} - \frac{7,80 \times 10^{-12}}{3}}{3 - 1}$$

$$SD = \sqrt{\frac{2,34 \times 10^{-11} - \frac{7,80 \times 10^{-12}}{3}}{3 - 1}}$$

$$SD = 4,49 \times 10^{-8}$$

$$RSD = \frac{SD}{\text{rata } \sigma} \times 100\%$$

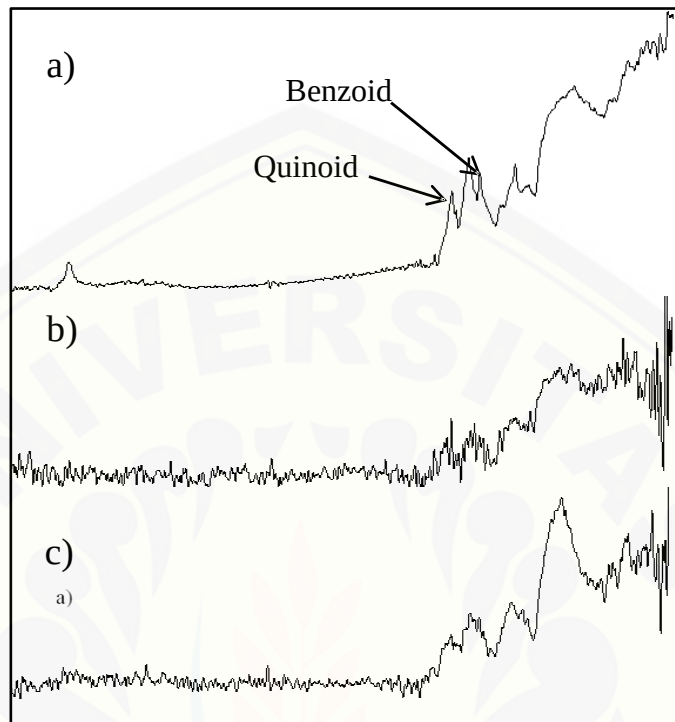
$$RSD = \frac{4,49 \times 10^{-8}}{1,61 \times 10^{-6}} \times 100\%$$

$$RSD = 2,79\%$$

**Tabel 5** Komposit PANi/BC waktu inkubasi 3 hari dopan HCl 1,2 M

Waktu Perendaman	Pengulangan	Resistansi ( $\Omega$ )	Ketebalan (cm)	Luas Film (cm <sup>2</sup> )	Resistivitas	Konduktivitas (S/cm)	Rat Kond (S)
2 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	2430	0,01500	3,75	607500	$1,65 \times 10^{-6}$	
	HCL**	4910	0,03	3,75	613750	$1,63 \times 10^{-6}$	1,6
	HCl ***	4270	0,025	3,75	640500	$1,56 \times 10^{-6}$	
4 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	1830	0,01	3,75	686250	$1,46 \times 10^{-6}$	
	HCL**	1720	0,01	3,75	645000	$1,55 \times 10^{-6}$	1,4
	HCl ***	943	0,005	3,75	707250	$1,41 \times 10^{-6}$	
6 Jam Perendaman APS + HCl 1,2 M	HCl *	1108	0,02	3,75	207750	$4,81 \times 10^{-6}$	
	HCL**	825	0,015	3,75	206250	$4,85 \times 10^{-6}$	4,8
	HCl ***	1082	0,02	3,75	202875	$4,93 \times 10^{-6}$	

6. Analisa Kuantitatif Gugus Fungsi Quinoid Dan Benzoid Pada Spektra IR Komposit PANi/BC Dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Keterangan : A) 2 jam; B) 4 jam; C) 6 jam

Diketahui : A)  $t_{\text{quinoid}} = 30 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 37 \text{ mm}$

B)  $t_{\text{quinoid}} = 23 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 28,5 \text{ mm}$

C)  $t_{\text{quinoid}} = 26,5 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 25 \text{ mm}$

\_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_

Jawab : ( ) —

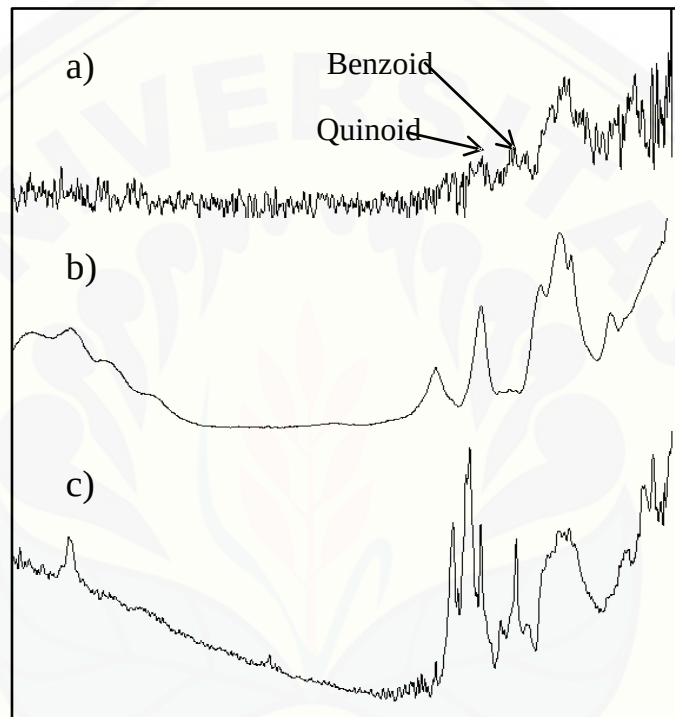
( )

0,543

Sehingga diperoleh data komposisi quinoid dan benzoid sebagai berikut.

Waktu Perendaman	Rasio (R)	y (benzoid)	1-y (quinoid)
2 jam	0,84	0,543	0,457
4 jam	0,8	0,556	0,444
6 jam	1,06	0,485	0,515

7. Analisa Kuantitatif Gugus Fungsi Quinoid Dan Benzoid Pada Spektra IR Komposit PANi/BC Dopan HCl



Keterangan : A) 2 jam; B) 4 jam; C) 6 jam

Diketahui : A)  $t_{\text{quinoid}} = 21,5 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 28 \text{ mm}$

B)  $t_{\text{quinoid}} = 26,5 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 53 \text{ mm}$

C)  $t_{\text{quinoid}} = 59,5 \text{ mm}$ ;  $t_{\text{benzoid}} = 58,5 \text{ mm}$

\_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_

Jawab : ( ) —

( )



0,57

Sehingga diperoleh data komposisi quinoid dan benzoid sebagai berikut.

Waktu Perendaman	Rasio (R)	y (benzoid)	1-y (quinoid)
2 jam	0,76	0,568	0,432
4 jam	0,5	0,667	0,333
6 jam	1,01	0,498	0,502

