

**SINTESIS POLIANILIN YANG DIDOPING DENGAN Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
MENGUNAKAN METODE PHOTOPOLIMERISASI**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat guna  
memperoleh gelar Sarjana Sains*



Oleh :

**NORA NOFIANTI**  
**NIM. 17036084 /2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA**  
**DEPARTEMEN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**  
**2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Sintesis Polianilin Yang Didoping Dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Menggunakan Metode Photopolimerisasi  
Nama : Nora Nofianti  
NIM : 17036084  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 26 Agustus 2022

Disetujui Oleh:

Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001

Dosen Pembimbing



Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si  
NIP. 19751122 200312 2 003

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

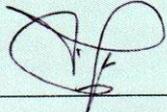
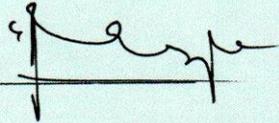
Nama : Nora Nofianti  
TM/NIM : 2017/17036084  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### SINTESIS POLIANILIN YANG DIDOPING DENGAN $\text{Fe}_2\text{O}_3$ MENGUNAKAN METODE PHOTOPOLIMERISASI

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2022

#### Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si	1. 
2	Anggota	Dr. Fajriah Azra, S.Pd, M.Si	2. 
3	Anggota	Edi Nasra, S.Si., M.Si	3. 

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Nora Nofianti  
NIM : 17036084  
Tempat/Tanggal Lahir : Sungai Sungkai, 17 November 1999  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **Sintesis Polianilin Yang Didoping Dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Menggunakan Metode Photopolimerisasi**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 26 Agustus 2022  
Yang Menyatakan



**Nora Nofianti**  
**NIM : 17036084**

# SINTESIS POLIANILIN YANG DIDOPING DENGAN Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MENGUNAKAN METODE PHOTOPOLIMERISASI

Nora Nofianti

## ABSTRAK

Polimer merupakan suatu molekul yang tersusun dari penggabungan molekul-molekul kecil yang disebut monomer, polimer yang dapat menghantarkan listrik dikenal dengan polimer konduktif. Polianilin (PANI) merupakan polimer konduktif yang paling sering digunakan. Pada penelitian ini untuk meningkatkan nilai konduktivitas listrik pada hasil sintesis dilakukan penambahan dopan pada anilin. Sintesis polimer konduktif polianilin dilakukan dengan monomer anilin dicampurkan dengan Ethylene Glycole Dimetacrylate (EGDMA) sebagai *Crosslinker*, Dimethoxy phenylacetophenone (DMPP) sebagai inisiator, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai dopan. Pada penelitian ini sintesis polimer dilakukan dengan metode photopolimerisasi dengan variasi jumlah dopan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (g), anilin (300 µl), EGDMA (300 µl), dan DMPP (0,03 g) campuran kemudian disonikasi dan diphotopolimer. Hasil polimer diuji konduktivitas listriknya dengan menggunakan *Four Point Probe* (FPP), komposisi yang menunjukkan konduktivitas tertinggi ada pada penambahan dopan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 0,0283 g dengan nilai konduktivitas listrik 17,0609 x 10<sup>-3</sup> S/cm. Spektra FTIR dari PANI dan PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan adanya gugus fungsi N-H, C-H, C=O, C=C, C=N, C-N dan Fe-O. Berdasarkan analisa Uv-Vis DRS nilai *band gap* pada PANI dan PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami penurunan yaitu dari 2,39 eV menjadi 2,00 eV.

Kata kunci : Polimer konduktif, Polianilin, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, metode photopolimer

# SYNTHESIS OF POLYANILINE DOPED WITH Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> USING THE PHOTOPOLYMERIZATION METHOD

Nora Nofianti

## ABSTRACT

A polymer is a molecule composed of the merger of small molecules called a monomer, a polymer that can conduct electricity known as a conductive polymer. Polyaniline (PANI) is the most commonly used conductive polymer. In this study, to increase the value of electrical conductivity in the synthesis results, dopant additions were carried out to aniline. Synthesis of polyaniline conductive polymers was carried out with aniline monomers mixed with Ethylene Glycol Dimethacrylate (EGDMA) as Crosslinker, Dimethoxy phenylacetophenone (DMPP) as initiator, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as dopant. In this study, polymer synthesis was carried out by the photopolymerization method with variations in the number of dopants Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (g), aniline (300 µl), EGDMA (300 µl), and DMPP (0.03 g) mixtures then sonicated and photopolymerized. The polymer results were tested for electrical conductivity using a *Four Point Probe* (FPP), the composition that showed the highest conductivity was in the addition of a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dopant of 0.0283 g with an electrical conductivity value of  $17.0609 \times 10^{-3} \text{ S / cm}$ . The FTIR spectra of PANI and PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> indicate the presence of N-H, C-H, C=O, C=C, C=N, C-N and Fe-O functional groups. Based on uv-vis DRS analysis, the band gap value in PANI and PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> decreased from 2.39 eV to 2.00 eV.

Keywords : Conductive polymer, Polyaniline, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, photopolymer method

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul berjudul “**Sintesis Polianilin yang didoping dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan Metode Photopolimerisasi**”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi dan melengkapi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar sarjana S-I pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Ibu Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si sebagai Dosen Pembimbing pada Skripsi.
2. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai Penasehat Akademik sekaligus Dosen Pembahas
3. Ibu Dr. Fajriah Azra, S.Pd., M.Si sebagai Dosen Pembahas.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Kepala departemen sekaligus ketua program studi Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Orang tua serta keluarga selaku pihak yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan masukan, semangat dan menemani selama proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, untuk kesempurnaan skripsi ini maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, 23 Agustus 2022

Nora Nofianti

NIM. 17036084

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Polimer konduktif.....	5
B. Polianilin.....	6
C. Polimerisasi anilin.....	8
D. Dopan.....	11
E. Metode photopolimerisasi .....	14
F. Karakterisasi .....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan tempat .....	20
B. Objek penelitian .....	20
C. Variabel penelitian .....	20

D.	Alat dan bahan.....	20
E.	Prosedur penelitian.....	21
F.	Desain penelitian .....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		24
A.	Polimer konduktif polianilin yang didoping dengan $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	24
B.	Karakterisasi polianilin .....	24
1.	Analisa konduktivitas listrik dengan Four Point Probe (FPP).....	24
2.	Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR) .....	27
3.	Analisa Uv-vis DRS (Uv-visible Diffuse Reflectance) .....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		37
A.	Kesimpulan.....	37
B.	Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....		38
LAMPIRAN .....		41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk derajat oksidasi polianilin .....	7
Gambar 2. Oksidasi menghasilkan dimer, semidin dan trimer. Trimer diharapkan	9
Gambar 3. Unit radikal kation anilin terminal bergabung kembali dengan .....	10
Gambar 4. Mekanisme polimerisasi.....	14
Gambar 5. Skema alat Four Point Probe (FPP) .....	16
Gambar 6. Skema alat FTIR .....	17
Gambar 7. Diagram pita energi yang menunjukkan celah pita .....	18
Gambar 8. Nilai konduktivitas listrik polianilin murni dan polianilin yang di doping $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	26
Gambar 9. Spektrum FTIR Anilin.....	28
Gambar 10. Spektrum FTIR polianilin murni, PANI/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	28
Gambar 11. Grafik nilai <i>band gap</i> polianilin murni, PANI/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3$ menggunakan Uv-vis DRS .....	33
Gambar 12. Perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi.....	35
Gambar 13. Nilai <i>band gap</i> dan massa dopan $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	35
Gambar 14. Nilai konduktivitas listrik dan nilai Band gap (eV).....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakterisasi dari $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	12
Tabel 2. Variasi doping yang digunakan .....	21
Tabel 3. Nilai konduktivitas listrik polianilin murni dan yang didoping dengan $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	25
Tabel 4. Gugus Fungsi Yang Terbentuk .....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema sintesis polianilin dengan doping .....	41
Lampiran 2. Skema sintesis polianilin murni (kontrol) .....	42
Lampiran 3. Analisa konduktivitas listrik menggunakan Foure Point Probe (FPP) .....	42
Lampiran 4. Analisa Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR) .....	43
Lampiran 5. Analisa Uv-vis DRS ( <i>Uv-visible Diffuse Reflectance</i> ) .....	43
Lampiran 6. Perhitungan perbandingan anilin dan dopan .....	43
Lampiran 7. Tabel hasil uji nilai konduktivitas listrik PANI dan PANI/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ....	44
Lampiran 8. Perhitungan nilai resistivitas dan konduktivitas listrik PANI dan ...	44
Lampiran 9. Spektrum FTIR.....	48
Lampiran 10. Dokumentasi penelitian .....	50

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Penelitian tentang polimer konduktif telah banyak dilakukan beberapa tahun terakhir dikarenakan sifat termal, listrik dan magnetik yang unik serta pengaplikasiannya dalam teknologi modern, bahan untuk perangkat elektronik dan bahan sensor kimia. Polimer konduktif yang sering digunakan untuk bahan sensor kimia adalah *polypyrrole*, *polythiophene*, dan *polyaniline* (Paul-Nwokocha & Ozuomba, 2018), akan tetapi pada penelitian ini pembahasannya tidak sampai pengaplikasiannya dikarenakan waktu yang terbatas pada penelitian ini.

Polianilin atau yang biasa dikenal dengan PANI merupakan polimer konduktif yang banyak mendapatkan perhatian untuk diteliti karena sintesisnya sederhana, konduktivitas tinggi, memiliki stabilitas baik, kontrol tingkat doping yang mudah dan memiliki morfologi yang unik sesuai dengan kualitasnya (Kumar et al., 2020). Polianilin adalah polimer berbasis fenilena yang memiliki gugus –NH di kedua sisi cincin fenilena nya. Oksidasi dan reduksi polimer dapat terjadi pada gugus –NH ini menghasilkan berbagai bentuk karena jumlah segmen imina dan amina pada rantai polianilin (Paul-Nwokocha & Ozuomba, 2018). Polianilin dapat berada dalam 3 keadaan yang berbeda, yaitu leucomeraldine (bentuk yang tereduksi sepenuhnya), garam emeraldin/garam zambrut (bentuk yang setengah teroksidasi) dan pernigraniline (bentuk yang teroksidasi penuh). Bentuk yang paling sering digunakan garam emeraldin/garam zambrut (bentuk yang setengah tereduksi) memiliki kestabilan yang baik (Balkan et al., 2017).

Polianilin umumnya dibuat menggunakan metode polimerisasi oksidatif kimiawi dengan menggunakan oksidan kuat seperti amonium persulfat (APS). Penelitian yang pernah dilakukan oleh Syamala (2015), dimana polianilin dimodifikasi dengan cara mendoping polimer dengan oksida logam yang berstruktur nano (MgO) untuk meningkatkan konduktivitas listriknya. Polianilin disintesis menggunakan metode polimerisasi oksidatif kimia menggunakan monomer anilin, asam klorida sebagai katalis, amonium persulfat (APS) sebagai oksidan serta proses pemanasan dengan suhu 80 °C selama 24 jam. Didapatkan hasil bahwa konduktivitas listrik pada polianilin murni 0,03985 S/cm, polianilin yang didoping dengan 0,1 MgO 0,04186 ; 0,3 MgO 0,0734 S/cm ; 0,5 MgO 0,09675 S/cm (Bai et al., 2015). Konduktivitas polianilin/PANI yang didoping meningkat dikarenakan dopan yang bertindak sebagai akseptor elektron menciptakan muatan positif pada rantai polimer dan mengakibatkan keadaan polaron muncul. Sehingga polaron bertindak sebagai pembawa muatan. Peningkatan konduktivitas dikaitkan dengan peningkatan efisiensi transfer muatan antara rantai polimer dan dopan dengan peningkatan suhu (Mahatme et al., 2017).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Syamala (2015) pada penelitian ini sintesis polianilin akan dilakukan dengan menggunakan anilin sebagai monomer, DMPP sebagai inisiator, EGDMA (*crosslinker*) dan penambahan dopan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta menggunakan metode yang lebih sederhana yaitu metode photopolimerisasi karena berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Varen (2020) didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan metode photopolimerisasi sintesis polianilin tidak memakan waktu yang lama (relatif singkat), praktis, dan mudah digunakan.

Metode photopolimerisasi adalah sebuah proses pembuatan polimer dengan menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam proses polimerisasinya (Assiddiq S, Hasbi; Dinahkandy, 2017). Ditinjau dari latar belakang tersebut, penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “**Sintesis polianilin yang didoping dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan metode photopolimerisasi**”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka didapat identifikasi masalah sebagai berikut :

Sintesis polimerisasi polianilin tanpa doping biasanya memiliki daya hantar listrik yang relatif lebih rendah dan metode yang lebih lama.

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Oksida logam yang digunakan untuk pendoping anilin berasal dari besi (III) oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).
2. Menggunakan 4 variasi massa dopan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang ditambahkan pada sintesis polianilin.
3. Pengukuran konduktivitas listrik menggunakan FPP dan karakterisasi dengan FTIR dan Uv-vis DRS pada PANI dan PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil sintesis.

#### **D. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sifat fisikokimia polianilin yang didoping dengan besi (III) oksida menggunakan metode photopolimerisasi?
2. Bagaimana hasil pengukuran konduktivitas listrik menggunakan FPP dan karakterisasi dengan FTIR, dan Uv-vis DRS dari sintesis PANI dan PANI/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui sifat fisikokimia polianilin murni dan polianilin yang didoping dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan metode photopolimerisasi.
2. Untuk mengetahui konduktivitas listrik dari polianilin murni dan yang didoping dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta karakterisasinya.

#### **F. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang polimer konduktif polianilin dengan pendoping maupun tanpa pendoping.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi dan sumber ide untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Polimer konduktif**

Polimer merupakan makromolekul yang terdiri dari banyak subunit berulang yang disebut monomer. Polimer berasal dari bahasa Yunani yaitu poli berarti banyak dan meros yang artinya bagian. Sub Unit berulang yang memiliki fungsi sebagai bahan penyusun polimer adalah monomer (molekul kecil). Polimer konduktif merupakan polimer penghantar listrik karena delokasi elektron, dimana senyawa tersebut memiliki konduktivitas logam ataupun semikonduktor (Awuzie, 2017).

Polimer konduktif pertama kali diekspos pada tahun 1976. Tahun 1970 – an, poliasetilena merupakan polimer penghantar listrik pertama yang tidak sengaja dibuat oleh ilmuwan Shirakawa. Tahun 1976, tiga ilmuan yaitu Hadeki Shirakawa, Alan MacDiarmid dan Alan Heger, bersama-sama mengerjakan poliasetilen (PA) untuk properti listrik mereka. Mereka telah meningkatkan konduktivitas listrik hingga sebesar enam kali lipat saat dirawat dengan yodium. Ditemukan konduktivitas meningkat dari  $10^{-4}$  S/cm sampai  $10^2$  S/cm, hal ini merupakan perubahan konduktivitas listrik (Kumar & Mudila, 2020).

Karakteristik polimer konduktif :

1. Konduktivitas listrik tinggi.
2. Sifat magnetik yang baik dan efisien.
3. Sifat optik tinggi.
4. Sifat menyerap gelombang mikro yang efektif.

## 5. Ringan (Awuzie, 2017).

Polimer konduktif adalah polimer berbasis organik yang bertindak sebagai semikonduktor atau konduktor seperti polianilin (PANI). Polimer konduktif adalah molekul yang terkonjugasi secara ekstensif, mereka mempunyai ikatan tunggal dan rangkap yang bergantian (Chani et al., 2013) untuk memungkinkan pembukaan keadaan elektronik terdelokalisasi. Gaya gerak untuk delokalisasi ini terkait dengan struktur polimer yang distabilkan oleh resonansi (Janata & Josowicz, 2003). Pergantian ikatan akan mengakibatkan terjadinya celah energi. Di dalam molekul, elektron dapat berpindah dari ujung polimer ke ujung yang lainnya melalui sistem orbital  $p$  (Chani et al., 2013).

### **B. Polianilin**

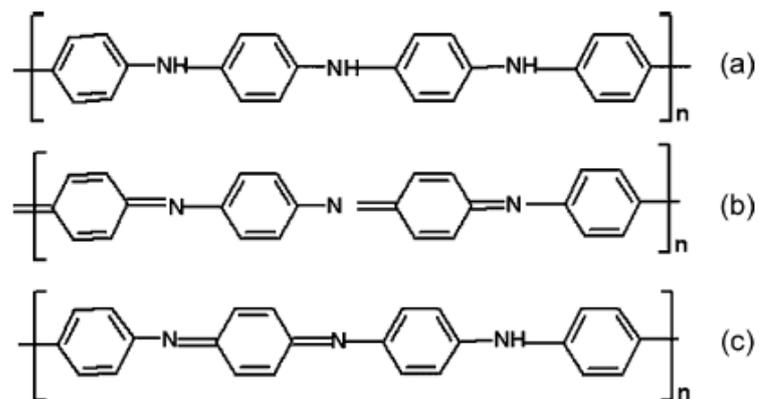
Polianilin (PANI) adalah polimer yang berasal dari polimerisasi anilin. Anilin mempunyai rumus molekul  $C_6H_5NH_2$  merupakan turunan dari benzen, dimana salah satu struktur pada atom H diganti dengan gugus  $-NH_2$ . Polianilin (PANI) merupakan polimer yang struktur konjugasinya memungkinkan mobilitas elektron pada rantai, membuatnya terkonjugasi secara elektrik. Studi pendahuluan tentang polianilin menunjukkan bahwa itu bisa menjadi media potensial untuk transfer rangsangan listrik ke jaringan, meningkatkan kontrol atas diferensiasi dan orientasi jenis sel tertentu seperti otot rangka, saraf dan jaringan jantung (Moutsatsou et al., 2017). Polianilin biasanya dimanfaatkan sebagai superkapasitor listrik, sensor, baterai, bahan pelindung elektromagnet, sel surya dan bahan pelindung korosi. Polianilin memiliki sifat kimia doping/dedoping yang bergantung pada reaksi asam basa, mempunyai stabilitas lingkungan yang tinggi,

fleksibel secara mekanik dan memiliki konduktivitas yang tinggi dalam keadaan teroksidasi (Pengaruh et al., 2014).

Polianilin (PANI) termasuk dalam kelas bahan yang dikenal sebagai polimer konduktor, menggabungkan sifat elektronik dan optik dari beberapa semikonduktor organik dan logam dengan keunggulan pemrosesan polimer. Polianilin adalah bahan kandidat baik untuk pengaplikasian sensor karena adanya perubahan yang terjadi pada tingkat oksidasi atau reduksi sebagai respon terhadap kondisi lingkungan, pada akhirnya dapat mempengaruhi konduktivitas listrik (Mota et al., 2019).

Polianilin dapat berada dalam 3 keadaan yang berbeda, yaitu :

- a) leucomeraldine (tereduksi sepenuhnya),
- b) Pernigraniline (teroksidasi penuh)
- c) Garam emeraldin/garam zambrut (setengah tereduksi).



Gambar 1. Bentuk derajat oksidasi polianilin  
(Bhadra et al., 2009).

Polianilin merupakan gabungan dari unit anilin yang terdiri dari rantai linear *p*, kombinasi antara cincin benzenoit (amina N) dengan kuinoid (imina N) menyebabkan polianilin memiliki tiga bilangan oksidasi yang berbeda diantaranya adalah leucoemeraldine, emeraldine dan pernigraniline. Keadaan pada tingkat protonasi dan redoks polimer bertanggung jawab atas sifat optik dan listrik yang berbeda. Polimerisasi pada anilin secara konvensional diperoleh dengan cara oksidasi kimiawi dalam kondisi sulit saat menggunakan ammonium peroksidisulfat, kalium dikromat / besi klorida yang berperan sebagai oksidan serta menghasilkan produk simpangan yang kompleks. Pada pembentukan rantai karbon diawali dengan oksidasi anilin, basis zambrut akan terbentuk selama pertumbuhan rantai *p* berpasangan, kemudian garam zambrut didapatkan dengan terjadinya protonasi pada atom nitrogen imina asam zambrut dengan asam kuat. Proses ini dinamakan dengan doping (De Salas et al., 2016).

### **C. Polimerisasi anilin**

Pembuatan anilin dengan menggunakan oksida kimia biasanya menggunakan ammonium peroksidisulfat dalam media berair asam. Ammonium peroksidisulfat digunakan karena kelarutannya lebih mudah dan cepat. Oksida anilin memiliki sifat eksotermis serta suhu dari campuran reaksi mengalami peningkatan selama prosesnya.

Polimerisasi oksidatif polianilin (polimerisasi berantai) dibagi menjadi 3 tahap yaitu :

### 1. Inisiasi

Inisiasi dicirikan dengan konstruksi radikal dari inisiator melalui polimerisasi. Dimana ikatan dari senyawa akan terputus, sehingga membentuk radikal bebas dalam ion dan kation (inisiator radikal).

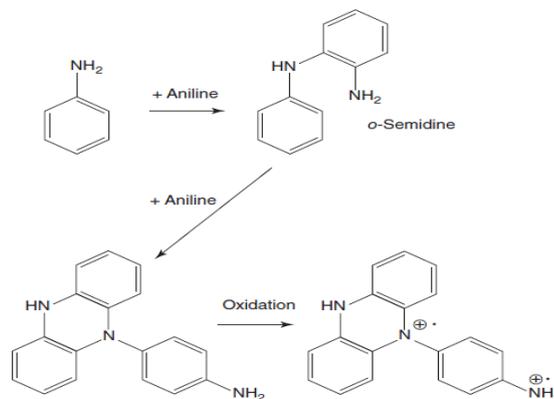
### 2. Propagasi

Dimana rantai polimer meluas, yang artinya dalam tahapan ini terjadi perpanjangan rantai polimer dengan adanya penambahan radikal bebas pada ikatan rangkap dua molekul monomer.

### 3. Terminasi

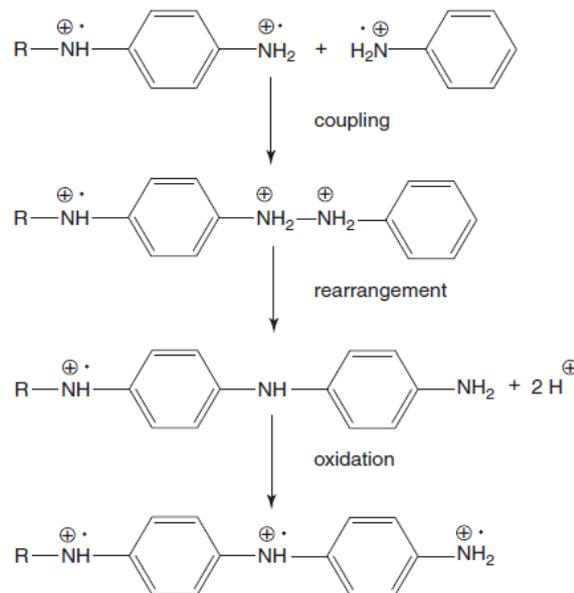
Pada proses ini monomer radikal akan bergabung dengan ujung rantai polimer radikal yang terdapat pada sistem. Proses ini akan berhenti ketika semua rantai radikal membentuk ikatan, sehingga tidak ada lagi yang tersisa untuk memicu polimerisasi (Chani et al., 2013).

Polimerisasi pada anilin tergantung pada keasaman media pada awal oksidasi. Oksidasi yang berawal dari pH asam menuju anilin, sedangkan untuk pH basa menuju kepada oligomer anilin.



Gambar 2. Oksidasi menghasilkan dimer, semidin dan trimer. Trimer diharapkan dapat menjadi pusat inisiasi pertumbuhan rantai

Pada proses oksidasi anilin menjadi polianilin merupakan proses berantai yang memiliki tahap inisiasi, perambatan rantai dan reaksi terminasi. Produk utama dari oksidasi anilin merupakan dimer anilin, semidin. Trimer anilin berfungsi sebagai nukleat dalam formasi morfologi dan bertindak sebagai inisiasi.



Gambar 3. Unit radikal kation anilin terminal bergabung kembali dengan menggandeng radikal kation anilin. Penataan ulang benzidin (semidin) diikuti oleh reoksidasi ulang menutupi unit terminal radikal bebas kation anilin.

Setelah terbentuknya radikal dari proses oksidasi, pemangkas akan bereaksi dengan radikal kation anilin kemudian langkah ini akan dilanjutkan kembali ketika rantai polianilin mulai tumbuh (seperti pada gambar diatas). Propagasi berlangsung dalam bentuk pernigraniline terprotonasi yang teroksidasi penuh dan direfleksikan dari warna biru campuran reaksi. Protonasi pada reaksi tergantung pada protonasi reaktan dan pH reaksi, dimana pada  $\text{pH} > 2,5$  mekanisme substitusi elektrofilik akan terjadi terutama dengan reaktan bentuk tak terprotonasi yang berlangsung pada potensi oksidasi rendah. Reaksi akan menuju pada pembentukan oligomer anilin non konduktor dengan struktur molekul

heterogen. Untuk pH 2,5 – 4 substitusi elektrofilik akan mengalami pengurangan karena protonasi anilin mengakibatkan potensi oksidasi oksidanya. Keberagaman struktur molekul, morfologi serta sifat produk dalam oksidasi anilin berkaitan dengan dua reaktan basa, monomer dan pertumbuhan rantai baik dalam non protonasi maupun bentuk terprotonasi (Stejskal et al., 2015).

#### **D. Dopan**

Doping merupakan metode yang menambahkan elemen yang berbeda ke dalam material (Chani et al., 2013). Dopan akan ditambahkan selama proses polimerisasi kimia atau elektrokimia dengan menjaga netralitas muatan serta umumnya meningkatkan konduktivitas listrik. Penambahan dopan dapat dilakukan secara kimiawi atau elektrokimia dan tingkatannya tergantung pada jenis dopan yang digunakan (Janata & Josowicz, 2003). Jenis serta jumlah pada dopan yang ada selama proses polimerisasi berfungsi sebagai penentu konduktivitas resultan polianilin. Dimana pembawa muatan dan konduktivitas polimer dapat dipengaruhi oleh derajat keasaman dan jenis dopan. Terdapat dua jenis doping redoks yang digunakan dalam proses produksi konduktivitas polianilin antara lain doping tipe-n (reduksi) dan doping tipe-p (oksidasi). Dimana kation radikal akan terbentuk selama proses polimerisasi melalui penghilangan elektron dari struktur monomer, maka setiap rantai yang dihasilkan akan membentuk rantai monomer (Alesary et al., 2018).

Tabel 1. Karakterisasi dari Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Karakterisasi	Besi (III) oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Bentuk dan warna	Padatan merah kecoklatan
Berat molekul	159,69 g/mol
Massa jenis	5,24 g/cm <sup>3</sup>
Kelarutan	Tidak larut dalam air
Energi celah pita	2,2 eV
Gambar	

Pemilihan dopan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada penelitian ini dikarenakan :

1. Bersifat positif (mudah melepaskan elektron) sehingga bilangan oksidasinya bertanda positif.
2. Keberadaan yang berlimpah (mudah diperoleh), stabil dan tidak beracun.
3. Termaksud dalam logam transisi yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi.

Nilai konduktivitas listrik adalah pembeda antara logam dengan polimer, dimana nilai konduktivitas pada logam berkisaran antara  $10^4 - 10^6$  s/cm sedangkan untuk polimer konduksi tidak melebihi dari nilai  $10^{-14}$  s/cm. Dengan modifikasi sederhana berupa penambahan pendoping dengan logam oksida maka konduktivitas listrik dapat ditingkatkan seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Bai et al., 2015 dengan menggunakan metode pembakaran larutan suhu rendah ditemukan bahwa konduktivitas komposit nano lebih besar dari pada polianilin murni dikarenakan gerakan terlokalisasi ion pada frekuensi yang lebih

rendah dan gerakan segmentasi relaksasi dipolar serta polarisasi pembawa muatan (Bai et al., 2015).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh okafor (2020) Penurunan terhadap celah pita menyebabkan peningkatan terhadap konduktivitas listrik pada polianilin yang didoping dengan menggunakan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Hal ini terbukti dengan menurunnya nilai celah pita dari 2,50 eV menjadi 2,20 eV seiring dengan jumlah doping yang ditambahkan. Penurunan disebabkan karena adanya modifikasi matriks polimer karena penambahan dopan, pelebaran pita polaron yang dikaitkan dengan peningkatan konsentrasi dalam polimer setelah didoping (Okafor, L. U., Ezenwa, I. A. and Okoli, 2020).

Nilai konduktivitas polianilin yang didoping dengan menggunakan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bertambah seiring meningkatnya suhu yang menunjukkan bahwa karakteristik dari bahan semikonduktor, peningkatan konduktivitas disebabkan karena aliran ion dari satu keadaan terlokalisasi lainnya dan merupakan dampak dari penyelarasan rantai polianilin ke peningkatan panjang konjugasi (Nanocomposites et al., 2014).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Mahatme et al., (2017) peningkatan konduktivitas dengan kenaikan suhu merupakan karakterisasi termal dari perilaku yang diaktifkan menunjukkan bahwa hal tersebut merupakan mekanisme yang paling menonjol. Konduktivitas polianilin yang menggunakan doping dapat meningkat dikarenakan dopan akan bertindak sebagai akseptor elektron yang akan menciptakan muatan positif pada rantai polimer sehingga mengakibatkan kondisi polaron muncul, dimana polaron akan bertindak sebagai pembawa muatan. Peningkatan konduktivitas erat kaitannya dengan peningkatan efisiensi transfer muatan antar rantai polimer dengan dopan dan peningkatan suhu.

Perawatan termal juga mempengaruhi penyelarasan rantai polimer yang mengarah pada peningkatan panjang konjugasi dan konduktivitas (Mahatme et al., 2017).

### E. Metode photopolimerisasi

Reaksi polimerisasi melibatkan matriks radikal atau kationik yang dapat dipolimerisasi. Metode photopolimerisasi adalah sebuah proses pembuatan polimer dengan menggunakan sinar ultraviolet (UV) didalam proses polimerisasinya, dimana sinar UV berfungsi untuk mengaktifkan monomer menjadi radikal bebas atau ion untuk memulai terjadinya proses polimerisasi. Kelebihan dari metode ini adalah tidak memakan waktu yang lama (relatif singkat), praktis, mudah digunakan dan ramah lingkungan (aman untuk senyawa organik yang volatil) (Assiddiq S, Hasbi; Dinahkandy, 2017). Proses polimerisasi diawali dengan penyerapan sinar UV yang akan membentuk rantai polimer dimana rantai polimer terbentuk dari beberapa monomer aktif yang dihasilkan oleh penyerapan sinar UV seperti radikal bebas, anion dan kation, kemudian rantai polimer akan terbentuk melalui reaksi monomer aktif dengan monomer lainnya dengan membentuk ikatan kimia untuk membentuk rantai polimer.



Gambar 4. Mekanisme polimerisasi

(Fouassier et al., 2003).

Monomer atau oligomer sering digunakan dalam proses photopolimerisasi yang diproses melalui sistem radikal. Sistem radikal meliputi tiga langkah utama yaitu pembentukan radikal, inisiasi dan propagasi. Pembentukan radikal terjadi dibawah radiasi cahaya dimana sistem pada fotoinisiator bertanggung jawab untuk mengubah energi fotolitik menjadi spesies aktif untuk memulai photopolimerisasi. Sebagian besar fotoinisiator yang ada akan mengalami reaksi pembelahan sehingga menghasilkan fregmen radikal dicalah penyinaran (Bagheri & Jin, 2019).

## **F. Karakterisasi**

### 1. Analisa Sifat Listrik

Untuk analisa dari sifat listrik suatu polimer dapat menggunakan pengukuran Four Point Probe (FPP). Sifat listrik dari bahan sampel dapat diukur dengan melihat nilai konduktivitas ( $\sigma$ ) dan resistivitas ( $\rho$ ). Nilai konduktivitas menggambarkan perbandingan dari sifat kelistrikan dan konduktivitas termal, dengan rumus :

$$konduktivitas = \frac{1}{Resistivitas}$$

Keterangan :

$$\sigma = \text{konduktivitas (Ohm.cm)}^{-1}$$

$$\rho = \text{resistifitas (Ohm.cm)}$$

Untuk nilai resistivitas dicari dengan cara :

$$\rho = 2 \pi S \left( \frac{V}{I} \right)$$

Keterangan :

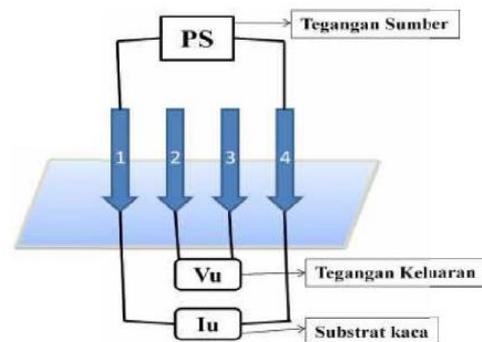
$$\pi = \text{Jari - jari (3.14)}$$

S = Jarak antar Probe (cm)

V = Nilai tegangan (volt)

I = Kuat arus (A)

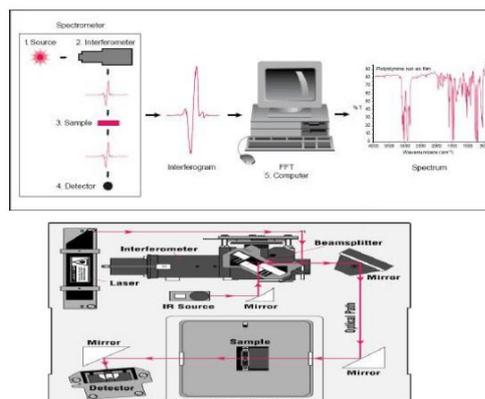
Pengukuran pada FPP dilakukan dengan menggunakan empat probe dengan jarak probenya 0.4 cm, dan probe 1 dihubungkan ke power supply sedangkan probe 2, 3 dan 4 dihubungkan ke multimeter digital. Data yang akan diperoleh dari pengukuran dengan metode empat probe yaitu nilai tegangan serta arus keluaran, dari pengukuran empat probe. Disebut empat probe karena memiliki empat titik kontak terhadap sampel yang memiliki jarak yang sama antar probe.



Gambar 5. Skema alat Four Point Probe (FPP)

(Mafahir, L.A., Sujitno, T., 2016).

## 2. Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)



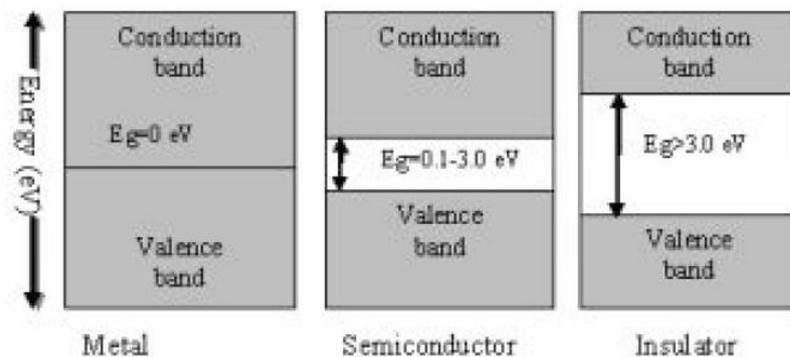
Gambar 6. Skema alat FTIR

Bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa polianilin. Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan pancaran dari inframerah yang mengacu kepada spektrum elektromagnetik yang terdapat pada gelombang mikro dan daerah tampak, biasanya interferogram juga memberikan informasi berdasarkan intensitas spektrum pada setiap frekuensinya. Prinsip kerja dari spektroskopi inframerah ditandai dengan proses penyerapan sebagian radiasi inframerah oleh sampel dan sebagian yang lain ditransmisikan (Assiddiq S, Hasbi; Dinahkandy, 2017).

## 3. Analisa Uv-vis DRS (*Uv-visible Diffuse Reflectance*)

Bertujuan untuk mengukur energi celah pita yang ada pada sampel, metode ini didasarkan pada pengukuran intensitas Uv-vis yang direfleksikan oleh sampel. Pita energi yang dihasilkan dari ikatan orbital suatu molekul dikenal sebagai pita valensi, sedangkan pita konduksi merupakan hasil dari orbital anti ikat molekul. Lebar pita yang melintasi rentang tingkat energi disebut dengan lebar pita. Pita valensi ialah perwakilan dari orbital molekul terisi tinggi (HOMO) sedangkan pita konduksi mewakili orbital molekul tak terisi rendah (LUMO).

Kesenjangan yang terjadi antara tingkat energi terisi tinggi dan tingkat energi tak terisi rendah disebut dengan celah pita. Celah ini merupakan rentang energi yang tidak tersedia untuk elektron dan celah ini dikenal dengan berbagai nama yaitu celah energi fundamental, celah energi, atau celah terlarang. Ukuran dari celah pita energi tergantung pada perluasan delokalisasi dan pergantian ikatan rangkap dan tunggal. Besarannya nilai energi *band gap* dapat menentukan polimer konduktif bersifat logam, semikonduktor atau isolator seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7. Diagram pita energi yang menunjukkan celah pita  
(Chani et al., 2013)

Prinsip kerja pada metode ini adalah material disinari dengan gelombang elektromagnetik, sehingga foton diserap oleh elektron dalam material (Abdullah & Khairurrijal, 2009). Pada saat cahaya mengenai suatu bahan maka sebagian akan diserap, dipantulkan dan ditransmisikan. Energi pada setiap sinar dapat ditulis sebagai berikut :

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

Dimana :

E = Energi valensi

$h\nu$  = Energi foton

$h$  = Tetapan planck

$c$  = Konstanta

Hasil karakterisasi dari Uv-Vis DRS untuk mendapatkan informasi berupa nilai *band gap* (energi celah pita). Nilai *band gap* didapat dengan cara merubah %R kedalam faktor Kubelka-Munk ( $F(R)$ ) sesuai dengan rumus berikut :

$$F(R) = \frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R}$$

Dimana :

$F(R)$  = Kubelk-Munk

$K$  = Koefisien absorbansi

$S$  = Koefisien scattering

$R$  = Reflektansi

(Sanjaya, 2017).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Sifat fisikokimia dari sintesis polianilin dan polianilin yang didoping dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  berdasarkan analisa FTIR menunjukkan adanya gugus N-H, C-H, C=O, C=C, C-N, C=N dan Fe-O. hasil analisa dari Uv-Vis DRS diperoleh nilai *band gap* pada PANI dan PANI/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,0283 g – 0,0523 g) dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  masing-masing sebesar 2,39 eV; 2,00 eV; 2,04 eV; 2,05 eV; 2,07 eV dan 2,06 eV.
2. Konduktivitas listrik tertinggi dimiliki oleh sintesis PANI/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0283 g yaitu sebesar  $17,0609 \times 10^{-3}$  S/cm. Penambahan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada sintesis polianilin dapat meningkatkan konduktivitas listrik PANI, akan tetapi semakin banyak  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang ditambahkan menyebabkan konduktivitas listrik PANI/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  menurun akan tetapi masih tinggi jika dibandingkan dengan PANI.

#### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan :

Perlunya dilakukan sintesis polianilin dengan menggunakan jenis dopan yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Khairurrijal, K. (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *J. Nano Saintek*, 2(1), 1–9.
- ADE ANDREANTO, K., & ARIFIN IMAM SUPARDI, Z. (2018). Pengukuran Resistivitas Pada Printed Circuit Board Dengan Menggunakan Metode Four Point Probe. *Inovasi Fisika Indonesia*, 7(02), 48–53.
- Alesary, H. F., Ismail, H. K., Khudhair, A. F., & Mohammed, M. Q. (2018). Effects of dopant ions on the properties of polyaniline conducting polymer. *Oriental Journal of Chemistry*, 34(5), 2525–2533. <https://doi.org/10.13005/ojc/340539>
- Assiddiq S, Hasbi; Dinahkandy, I. (2017). *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan ARTICLE*. 7(1), 1–6.
- Astuti, A. (2013). PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA (Cu) TERHADAP SIFAT LISTRIK POLIANILIN (PANi). *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 5(1), 31–37. <https://doi.org/10.25077/jif.5.1.31-37.2013>
- Awuzie, C. I. (2017). Conducting Polymers. *Materials Today: Proceedings*, 4(4), 5721–5726. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.036>
- B P, P., D N, A., M S, R., & Kumar K, Y. (2017). Synthesis of polyaniline/ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite electrode material for supercapacitor applications. *Materials Today Communications*, 12, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2017.07.002>
- Bagheri, A., & Jin, J. (2019). Photopolymerization in 3D Printing [Review-article]. *ACS Applied Polymer Materials*, 1(4), 593–611. <https://doi.org/10.1021/acsapm.8b00165>
- Bai, D. S., Padma, R., & Kumar, V. R. (2015). SYNTHESIS , CHARACTERIZATION AND AC CONDUCTIVITY STUDIES OF MgO DOPED POLYMER NANO COMPOSITES . 11935–11942. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0412037>
- Balkan, A., Armagan, E., & Ince, G. O. (2017). Synthesis of coaxial nanotubes of polyaniline and poly(hydroxyethyl methacrylate) by oxidative/initiated chemical vapor deposition. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 8(1), 872–882. <https://doi.org/10.3762/bjnano.8.89>
- Bhadra, S., Khastgir, D., Singha, N. K., & 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>