



**PENGARUH PREKURSOR DAN ARUS TERHADAP
PELAPISAN ZINC OXIDE PADA SERAT KARBON
MENGUNAKAN METODE ELECTROCHEMICAL**

SKRIPSI

Oleh

**Fadea Dinata
NIM. 151910101091**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**





**PENGARUH PREKURSOR DAN ARUS TERHADAP
PELAPISAN ZINC OXIDE PADA SERAT KARBON
MENGUNAKAN METODE ELECTROCHEMICAL**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Fadea Dinata
NIM. 151910101091

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada :

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan ridhonya yang sangat besar.
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita semua dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang ini.
3. Keluarga saya, Bapak (Sumadi), Ibu (Indayati), Mas (Fregi), Mbak (Sofi), Adik (Firania) dan Ponakan (Bima), keluarga Bapak (Natap), keluarga Mbah (Pranata) dan Mbah (Saiman) yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya dengan sepenuh hati.
4. Saudari Febiolinesa tidak pernah lelah menemani dan memberikan dukungan sejak awal penelitian hingga akhir.
5. Bapak Ir Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dr. Salahuddin Yunus, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini.
6. Semua Guru dan Dosen yang telah membimbing dan memberikan semua ilmunya. Terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang sangat berharga selama ini.
7. Almamater Teknik Mesin Universitas Jember tercinta.

MOTO

*“Barang siapa beriman kepada Allah SWT dan hari akhir,
maka hendaklah ia berkata baik atau diam”*

(Nabi Muhammad SAW)

*“Melihat mimpi kita terwujud itu memang menyenangkan,
tapi bisa hidup untuk hari ini pun itu sudah cukup”*

(Portgase D Ace)

“A low possibility means it’s not zero”

(Toua Tokuchi)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fadea Dinata

NIM : 151910101091

Judul Skripsi : “Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan Zinc Oxide pada Serat Karbon Menggunakan Metode *Electrochemical*”

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan Zinc Oxide pada Serat Karbon Menggunakan Metode *Electrochemical*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Juli 2019

Menyatakan,

(Fadea Dinata)

NIM 151910101091

SKRIPSI

**PENGARUH PREKURSOR DAN ARUS TERHADAP
PELAPISAN ZINC OXIDE PADA SERAT KARBON
MENGUNAKAN METODE ELECTROCHEMICAL**

Oleh

Fadea Dinata

NIM 151910101091

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Salahuddin Yunus, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan *Zinc Oxide* pada Serat Karbon Menggunakan Metode *Electrochemical*" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 22 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

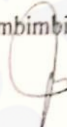
Mengetahui,

Dosen Pembimbing Utama,



Ir. FX. Kristianta, M.Eng.
NIP. 19650120 200112 1 001

Dosen Pembimbing Anggota,



Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.
NIP. 19751006 200212 1 002

Tim Penguji,

Penguji I,



Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 19680202 199702 1 001

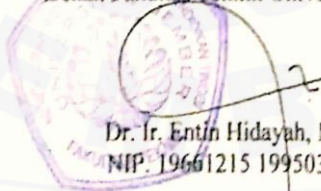
Penguji II,



Intan Hardiatama, S.T., M.T.
NIP. 760015753

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan Zinc Oxide pada Serat Karbon Menggunakan Metode *Electrochemical*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dalam hidup ini
2. Bapak Ir Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dr. Salahuddin Yunus, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini.
3. Bapak Sumarji, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji I, dan Ibu Intan Hardiatama, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji II.
4. Keluarga saya, Bapak (Sumadi), Ibu (Indayati), Mas (Fregi), Mbak (Sofi), Adik (Firania) dan Ponakan (Bima), keluarga Bapak (Natap), Mbah (Pranata), Mbah (Saiman) dan saudari Febiolinesa yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Muh Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T selaku pembimbing Titen Mobil listrik yang selalu memberikan saran dan arahan. Teman-teman Titen Ima'duddin, Murdiono, Kharis, Faza dan lain-lain yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan dan doa .
6. Kelompok penelitian Material Maju, teman-teman Teknik Mesin 2015, teman kos Jawa 8 No. 30 dan teman KKN Kelompok 15 Desa Andongsari.

Jember, 10 Juli 2019

Penulis

RINGKASAN

Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan Zinc Oxide pada Serat Karbon menggunakan Metode *Electrochemical* ; Fadea Dinata, 151910101091; 2019; 61 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Zinc Oxide merupakan salah satu bahan semikonduktor dengan aplikasi untuk bahan elektronika dengan struktur berupa kristal. Semikonduktor ini sering digunakan sebagai sensor tekanan pada aplikasi sehari-hari. Sifat semikonduktornya dapat menghasilkan tegangan karena adanya jarak antar struktur kristalnya. Aplikasinya mulai merambah pada bidang medis sebagai sensor pendeteksi denyut nadi.

Penelitian ini difokuskan kepada Pengaruh Prekursor dan Arus Terhadap Pelapisan Zinc Oxide pada Serat Karbon menggunakan Metode *Electrochemical*. Metode yang dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin DC *Power Supply* dan cairan elektrolit dari Zinc Acetate Dihydrate. Penelitian ini menggunakan variasi prekursor sebesar 0,5 g/50mL dan 1,0 g/50mL dan variasi arus sebesar 0.8 A, 1,0 A, dan 1,2 A dengan bahan yang akan dilapisi adalah serat karbon. Selanjutnya hasil pelapisan digunakan sebagai sensor denyut nadi dengan cara menempelkan pada pergelangan tangan.

Penelitian ini dilakukan di Bengkel mobil listrik TITEN Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Februari sampai bulan Juli 2019. Hasil yang akan didapatkan untuk mengetahui variasi prekursor dan arus terhadap morfologi dan ukuran kristal yang terbentuk sehingga mengetahui nilai optimal saat digunakan sebagai sensor denyut nadi. Untuk pengujian sensor denyut nadi dilakukan 3 kali pengulangan data kemudian diambil rata-ratanya.

Dari hasil penelitian dengan metode *electrochemical* dapat disimpulkan bahwa semakin besar prekursor dan arus yang digunakan lapisan ZnO akan semakin tebal. Tebalnya lapisan selaras dengan tingginya tegangan yang dihasilkan dari sensor denyut nadi.

SUMMARY

Effect of Precursor and Current for Zinc Oxide Coating on Fiber Carbon With Electrochemical Method; Achmad 'Ima Duddin, 151910101091; 2019; 61 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

Zinc Oxide is one of the semiconductor materials with application for electronic materials with crystal structure. This semiconductor is often used as a pressure sensor on daily applications. The semiconductor nature can produce voltages because there is a distance between the crystal structure. The application began to penetrate in the medical field as a pulse detection sensor.

This research is focused on the influence of precursors and the current to Zinc Oxide plating on carbon fiber using electrochemical method. Methods conducted by the experimental method using DC Power Supply and electrolyte fluid from Zinc Acetate Dyhydrate. The study used a variety of precursors of 0.5 g/50mL and 1.0 g/50mL and current variations of 0.8 A, 1.0 A, and 1.2 A with the material to be coated were carbon fibers. Further coating results are used as pulse sensors by pasting on the wrist

This research was do at the electric car TITEN, Faculty of Engineering, University of Jember from January to July 2019. This research is to determine the variation of the precursor and current to the morphology and crystal size that is formed so as to know the optimal value when used as the pulse sensor. For testing the pulse sensor is done 3 times the repetition of data is then taken on average.

The results of this research with the electrochemical method can be concluded that the larger the precursor and the current used the thicker layer of Zinc Oxide formed. The thickness of the coating is aligned with the high voltage generated from the pulse sensor.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN LEMBAR SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
PRAKATA	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Denyut Nadi	5
2.2 Alat Ukur Denyut Nadi	6
2.3 Pelapisan ZnO pada Serat Karbon	8
2.4 Metode Pelapisan Serat Karbon	10
2.4.1 <i>Pulsed Laser Deposition</i>	10
2.4.2 <i>Hydrothermal</i>	11
2.4.3 <i>Electrochemical</i>	11
2.5 Bahan Penyusun Lapisan ZnO	13
2.5.1 <i>Prekursor Zinc Acetate Dihydrate</i>	13
2.5.2 <i>ZnO (Seng Oksida)</i>	14

2.5.3 Serat Karbon	16
2.6 Karakterisasi Material	17
2.6.1 Pengujian Mikro.....	17
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	19
2.6.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
2.7 Hipotesis penelitian	22
2.6 Diagram <i>Fishbone</i>	23
BAB 3. METODOLOGI KEGIATAN	24
3.1 Metode Penelitian	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan	24
3.4 Langkah Kerja	25
3.5 Pengujian Sampel	26
3.5.1 Uji Mikro	26
3.5.2 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i>	26
3.5.3 Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i>	27
3.5.4 Pengujian <i>Piezoelectric</i>	28
3.6 Diagram Alir Penelitian	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil dan Pembahasan Uji Hambatan	31
4.2 Data dan Pembahasan Mikroskop Digital Portabel	32
4.2.1 Hasil variasi prekursor pada <i>Electrochemical Decomposition</i> ...	32
4.2.2 Hasil variasi prekursor pada <i>Electrochemical Decomposition</i> ...	33
4.3 Data dan pembahasan hasil <i>Scanning Electron Microscope</i>	35
4.4 Data dan pembahasan hasil pengujian (XRD)	41
4.5 Data dan pembahasan hasil sensor denyut nadi	46
BAB 5. PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Denyut nadi berdasarkan umur	5
3.1 Alat dan bahan pelapisan ZnO pada serat karbon	24
4.1 Perbandingan puncak kristalinitas eksperimen dengan puncak kristalinitas <i>database</i> JCPDS-ICDD untuk ZnO	42
4.2 Hasil pengolahan data XRD untuk arus 1,0	43
4.3 Hasil pengolahan data XRD untuk arus 1,2	44
4.4 Ukuran rata-rata kristal XRD (Surabhi <i>et al.</i> , 2013)	45
4.5 Data pengujian tegangan untuk arus 0,8	47
4.6 Tegangan maksimal dan rata-rata 3 kali pengulangan	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Cara mengukur denyut nadi sederhana	6
2.2 Arduino nano	7
2.3 Sensor pulse	7
2.4 Pelapisan ZnO pada serat karbon	9
2.5 Sensor tekanan udara lapisan ZnO pada serat karbon	9
2.6 Prinsip kerja dari <i>Pulsed Laser Deposition</i>	10
2.7 Alat <i>Hydrothermal Autoclaves</i>	11
2.8 Proses <i>Electrochemical</i> dengan menggunakan dua buah elektroda	12
2.9 Susunan atom kristal monoclinic Zinc Acetate	13
2.10 Struktur hexagonal wurtzite pada ZnO	15
2.11 Struktur zincblende pada ZnO	15
2.12 Serat karbon	16
2.13 Struktur unit dasar serat karbon	17
2.14 Mikroskop	17
2.15 Hasil pengujian spesimen menggunakan mikroskop	18
2.16 Cara kerja SEM	19
2.17 Hasil SEM pada permukaan spesimen	20
2.18 Lebar dan puncak difraksi sinar-X mempengaruhi ukuran partikelnya	21
2.19 Hasil XRD lapisan ZnO pada serat karbon	21
2.20 Puncak difraksi dari sinar-X dan FWHM	22
2.21 Diagram <i>Fishbone</i>	23
3.1 Tahapan preparasi lapisan ZnO	25
3.2 Mikroskop digital portabel	26
3.3 Alat uji <i>NDT SEM FEI merk Impact S50</i>	27
3.4 XRD di laboratorium Karakterisasi Material ITS	28
3.5 Ilustrasi Sampel sebagai sensor denyut nadi	29
3.6 Diagram Alir Penelitian	30
4.1 Uji hambatan spesimen	31

4.2 Hasil uji mikroskop digital variasi prekursor	33
4.3 Hasil uji mikroskop digital variasi arus	34
4.4 Hasil pengujian SEM lapisan ZnO pada serat karbon.....	36
4.5 Hasil SEM (Junfeng et al., 2013)	38
4.6 Ilustrasi lapisan tingkat ZnO pada serat karbon	38
4.7 Ilustrasi penumbuhan ZnO karena panas serat.....	39
4.8 Hasil SEM (Ayoub <i>et al.</i> , 2018).....	39
4.9 Lapisan bercabang ZnO (Ko <i>et al.</i> , 2013).....	40
4.10 Grafik hasil pengujian XRD	41
4.11 Grafik perbandingan ukuran kristal variasi arus 1,0 dan 1,2 A.....	45
4.12 Pengujian lapisan ZnO sebagai sensor denyut nadi	46
4.13 Grafik hasil pengujian tegangan AC sensor denyut nadi variasi arus	49
4.14 Grafik perbandingan tegangan maksimal untuk tiga kali perulangan.....	50
4.15 Kondisi 0 osiloskop saat diam.....	51

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi material selama dekade terakhir berkembang dengan cepat, salah satunya material berpenguat serat. Material berpenguat serat yang sering digunakan saat ini yaitu *fiber carbon*. *Fiber carbon* atau serat karbon secara umum memiliki struktur kristal, amorf, atau sebagian kristalin. Meskipun terkadang tingkatan keteraturan berbeda tiap bentuk amorf, namun semua hal yang berhubungan dengan serat karbon termasuk pada keluarga grafit (Chung, 2017).

Kebutuhan akan serat karbon semakin meningkat dan aplikasinya mulai berkembang, dimana sekarang serat karbon mulai digunakan sebagai gas sensor, *nano* generator dan solar sel (Junfeng *et al.*, 2015). Pada tingkatan sebagai *nano* generator atau solar sel serat karbon diberikan perlakuan berupa lapisan diluarnya. Permasalahan ini mengakibatkan peneliti berlomba-lomba untuk menemukan metode baru dalam pelapisan serat karbon. Salah satunya dengan menggunakan metode *electrochemical*. *Electrochemical* merupakan proses reaksi pertukaran elektron antara konduktor pertama (elektronik konduktor) dengan konduktor kedua (konduktor ionik). Pada tahap awal reaksi *electrochemical* menggunakan padatan sebagai elektroda dengan cairan encer sebagai media elektrolitnya. Akan tetapi konsep ini mulai berkembang sehingga dapat menggunakan dua padatan sebagai media pelapisnya (Li *et al.*, 2017).

Lapisan yang digunakan pada serat karbon pada aplikasi tersebut menggunakan *Zinc Oxide* yang mempunyai ukuran mikro. *Zinc Oxide* merupakan senyawa anorganik dengan formula ZnO. Biasanya senyawa ini berbentuk bubuk putih, hampir tidak larut dalam air. ZnO merupakan salah satu bahan semikonduktor dengan aplikasi untuk bahan elektronika dengan struktur berupa kristal. (McCluskey, 2018).

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai tolak ukur dan acuan untuk menyelesaikannya, penelitian terdahulu memudahkan penulis dalam menentukan langkah-langkah yang sistematis untuk penyusunan

penelitian dari segi teori maupun konsep. Pada penelitian sebelumnya pelapisan dengan metode *electrochemical* digunakan untuk melapisi *substrate* kaca ITO, kaca SnO₂ dan tisu karbon, dimana menggunakan ZnCl sebagai elektrolit yang digunakan untuk menumbuhkan ZnO pada ketiga susbtrate. ZnO yang diamati dengan SEM terendap pada tisu karbon dengan ukuran butirnya sebesar 200-500nm, tisu karbon dengan lapisan ZnO digunakan untuk aplikasi dibidang kesehatan (Nichev *et al.*, 2010).

Penelitian selajutnya menggunakan metode *electrochemical* dimana lapisan ZnO ditumbuhkan dari *Zinc Acetate Dihydrate* dengan kemurnian 99.99% yang telah dicampur dengan *ethanol*, campuran ini digunakan sebagai cairan elektrolit. *Substrate* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan serat karbon dengan arus sebesar 60 mA, dan waktu proses pelapisan selama 30 detik. Kelebihan metode ini menggunakan suhu dan tekanan ruangan sehingga lebih mudah (Junfeng *et al.*, 2015).

Penelitian yang akan dilakukan adalah pelapisan ZnO pada serat karbon menggunakan metode *electrochemical* dan dapat digunakan untuk aplikasi *piezoelectric* sebagai sensor denyut nadi. Pada penelitian ini saya menggunakan serat karbon berukuran 3000 filamen dengan variasi arus dan prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* (ZAD).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi prekursor ZAD 0,5 g/50mL dan 1,0 g/50mL sebagai elektrolit terhadap hasil pelapisan ZnO pada serat karbon dengan metode *electrochemical* ?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus 0,8 A, 1,0 A, dan 1,2 A sebagai sumber arus saat proses pelapisan ZnO pada serat karbon dengan metode *electrochemical* ?
3. Bagaimana tampilan mikro dan struktur morfologi yang terbentuk terhadap hasil pelapisan ZnO pada serat karbon dengan metode *electrochemical* ?
4. Bagaimana unjuk kerja *piezoelectric* dari hasil lapisan ZnO pada serat karbon sebagai sensor denyut nadi dengan metode *electrochemical* ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah menganalisa permasalahan diperlukan batasan masalah di dalam penelitian ini, yaitu :

1. Pelapisan dengan menggunakan metode *electrochemical*.
2. Menggunakan bahan sebagai berikut :
 - *Zinc Acetate Dihydrate* (ZAD) merk berukuran *micron*
 - Serat karbon berukuran 3K filamen merk Aksaca berukuran panjang 4 cm
 - *Ethanol* sebagai pelarut dan plat nikel sebagai elektroda
3. Menggunakan sumber 220 AC sebagai daya alat DC *Power Supply*
4. Waktu pengujian selama 180 detik
5. Pengujian morfologi dilakukan dengan mikroskop digital dan SEM.
6. Pengujian struktur kristal dengan menggunakan XRD
7. Pengujian *piezoelectric* untuk sensor denyut nadi ditempelkan pada pergelangan tangan dengan alat ukur tegangan menggunakan USB osiloskop.
8. Tidak membahas uji fisik lapisan ZnO.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil variasi prekursor ZAD dan arus pada proses *electrochemical* untuk mengamati lapisan ZnO pada serat karbon dengan pengamatan mikro ataupun *nano*.
2. Mengetahui hasil variasi prekursor ZAD dan arus pada proses *electrochemical* untuk mengamati struktur dan ukuran kristal lapisan ZnO pada serat karbon.
3. Mengetahui hasil variasi arus terhadap unjuk kerja *piezoelectric* sebagai sensor denyut nadi dari lapisan ZnO pada serat karbon dengan metode pelapisan *electrochemical*.

1.4.2 Manfaat

1. Memberikan informasi tampilan mikro ataupun *nano* dari lapisan ZnO pada serat karbon dengan pengaruh variasi prekursor ZAD dan arus pada proses *electrochemical*.
2. Memberikan informasi struktur dan ukuran kristal lapisan ZnO pada serat karbon dengan pengaruh variasi prekursor ZAD dan arus pada proses *electrochemical*.
3. Memberikan informasi unjuk kerja *piezoelectric* lapisan ZnO pada serat karbon dengan variasi arus dengan metode pelapisan *electrochemical* sebagai sensor denyut nadi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Denyut Nadi

Denyut nadi adalah gelombang yang dirasakan pada arteri yang diakibatkan karena pemompaan darah oleh jantung menuju pembuluh darah. Frekuensi denyut nadi untuk orang normal jumlahnya sama dengan denyut jantung. Frekuensi denyut jantung dengan mudah dapat diukur dengan mengukur denyut nadi (Nengah, 2016). Salah satu indikator kesehatan jantung adalah terjadinya peningkatan denyut nadi pada saat beristirahat. Waktu yang tepat untuk mengecek denyut nadi adalah saat kita bangun pagi dan sebelum melakukan aktivitas apapun.

Pada saat bangun pagi tubuh masih relaks dan terbebas dari zat-zat pengganggu seperti nikotin dan kafein. Jumlah denyut nadi setiap manusia berbeda-beda di antaranya adalah jenis kelamin, umur, posisi tubuh, dan aktifitas fisik yang dilakukannya. Untuk denyut nadi berdasarkan umur dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Denyut nadi berdasarkan umur dalam *Beats per Minute* (Sumber : U.S. Department of Health and Human Services)

Bayi (0-12 bulan)	Anak (1-10 tahun)	Lebih dari 10 tahun hingga lansia	Atlet dewasa terlatih
80-150 BPM	70-130 BPM	60-100 BPM	40-60BPM

Dalam istilah kedokteran untuk batas tinggi denyut nadi disebut dengan *takikardia* dan untuk batas bawah disebut dengan *bradikardia*. Satuan denyut nadi adalah BPM dimana jumlah total dentuman atau detukan dari arteri dalam satu menit. Dentuman tersebut dapat mengetahui sirkulasi darah yang terjadi pada tubuh. Jadi secara tidak langsung denyut nadi sebagai indeks kerja jantung dan memiliki peranan penting bahkan dapat mengukur tingkat aerobik seseorang. Denyut nadi merupakan cara yang paling sederhana untuk menilai fungsi sistem peredaran darah atau sirkulasi selama kerja (Hermawan *et al.*, 2012).

2.2 Alat Ukur Denyut Nadi

Pengukuran denyut nadi dengan cara sederhana dapat dilakukan, caranya dengan mengecek sendiri dan merasakan denyut nadi kita dibagian arteri yang dekat dengan permukaan tubuh, seperti arteri temporalis yang terletak di atas tulang temporal, arteri dorsalis pedis yang terletak di belokan mata kaki, arteri brakhialis yang terletak di depan lipatan sendi siku, arteri radialis yang terletak di depan pergelangan tangan, dan arteri karotis yang terletak di ketinggian tulang rawan tiroid.



Gambar 2.1 Cara mengukur denyut nadi dengan sederhana

Pada Gambar 2.1 menunjukkan cara mengukur denyut nadi dengan menekan sekitar pergelangan tangan yaitu lebih tepatnya pada arteri radialis. Cara ini membutuhkan ketelitian tinggi dimana harus menghafal jumlah dentuman secara manual dan memerlukan waktu dari *stopwatch*. Sehingga sering salah karena *human error* untuk menentukan BPM nya.

Oleh karena itu saat ini alat untuk pendeteksi denyut nadi mulai di *upgrade* dengan cara memanfaatkan komponen elektronik. Salah satunya dengan memanfaatkan *arduino* atau sering disebut dengan mikrokontroler. Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian yang *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip jenis AVR.



Gambar 2.2 Arduino nano (Nurbani., *et al* 2015)

Sebagai pembaca denyut nadi arduino tidak dapat berdiri sendiri, melainkan memerlukan komponen lain berupa sensor. Sensor adalah suatu komponen yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia (Wijaya, 2015). Komponen sensor yang digunakan sebagai pendeteksi denyut nadi disebut dengan pulse sensor. Keluaran dari pulse sensor berupa tegangan sebesar 3-5 volt.



Gambar 2.3 Sensor pulse

Cara kerjanya dengan menempelkan secara langsung pada sumber denyut nadi maka akan terjadi perubahan fluktuasi tegangan (Nurbani., *et al* 2015). Pada umumnya sensor memanfaatkan material dengan sifat semikonduktor dimana ketika tertekan akan menghasilkan tegangan dan arus.

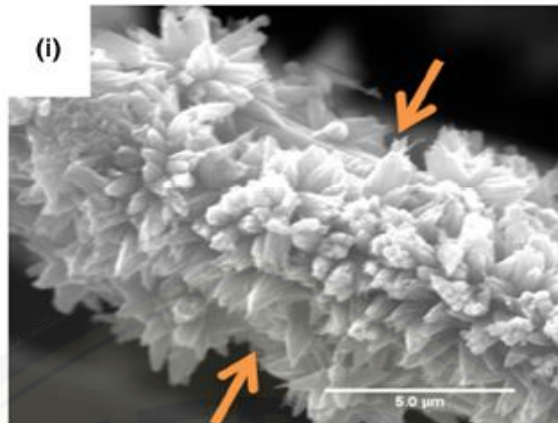
2.3 Pelapisan ZnO pada Serat Karbon

Pelapisan pada material digunakan sebagai pencegahan terhadap kontak dengan udara luar. Selain mencegah kontak material (*substrate*) dengan udara luar pelapisan juga dapat mempengaruhi sifat karakteristik dan penampilan material tersebut (Irwandy, 2014). Pada proses pelapisan banyak melibatkan proses kimia sehingga pelapisan dapat digolongkan sebagai proses metalurgi karena menyangkut sifat fisik, karakterisasi, dan sifat mekanik. Pada umumnya pelapisan banyak digunakan sebagai pelindung logam dari korosi, akan tetapi semakin majunya teknologi pelapisan saat ini dapat dilakukan pada kaca, karet dan bahan lainnya. Pelapisan ini untuk memperbaiki sifat material sesuai dengan yang dibutuhkan, ada beberapa perlindungan lapisan pada material antara lain :

- a. Lapisan hasil reaksi kimia atau elektrokimia
- b. Lapisan organik, contohnya : Semen, enamel, dll
- c. Lapisan anorganik, pelapisan ini mencegah korosi dari udara ataupun air sehingga benda dilindungi dari pelapis buatan dan diaplikasikan pada bodi mobil (Irwandy, 2014) contoh pelapisnya adalah cat
- d. Lapisan pelindung sementara, pelapisan ini digunakan pada perkakas atau mesin-mesin yang terbuat dari besi atau baja, pelapisan ini hanya menahan korosi tidak mencegahnya.
- e. Lapisan logam, contohnya : logam murni dan logam paduan.

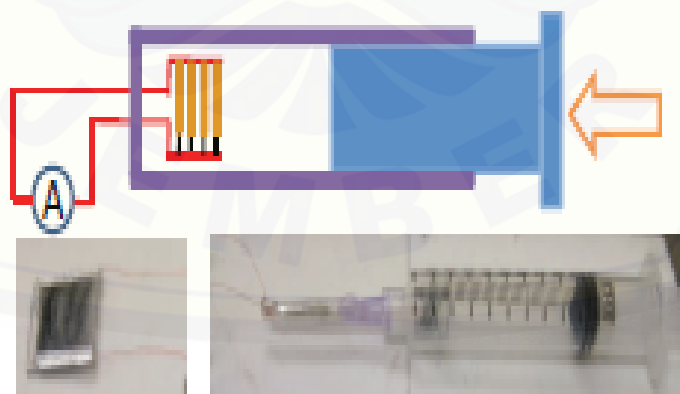
Pelapisan merubah sifat fisik dan mekanik dengan memvariasikan salah satu rekayasa bahan atau perlakuan tambahan. Pada saat ini pelapisan lebih berkembang pada pelapisan komposit serat. Aplikasi pelapisan pada serat ada yang digunakan sebagai pelindung anti gores, dan ada yang digunakan sebagai bahan elektronika. Salah satu pelapisan serat yang diteliti saat ini adalah serat karbon, dimana lapisannya menggunakan ZnO yang dapat digunakan sebagai aplikasi elektronika.

Berikut Gambar 2.4 menampilkan hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk lapisan ZnO pada serat karbon.



Gambar 2.4 Pelapisan ZnO pada serat karbon (Gopinath *and* Krishna, 2018)

Gambar diatas menunjukkan pelapisan ZnO pada serat karbon dengan metode *hydrothermal* dengan variasi yang digunakan pH dari larutan. Fungsi dari lapisan ZnO pada serat karbon pada penelitian ini digunakan sebagai pembunuh bibit serangga pada cairan dengan memanfaatkan gelombang *ultrasonic* sebesar 40 kHz (Gopinath *and* Krishna, 2018). Fungsi lain dari lapisan ZnO dapat digunakan sebagai *piezoelectric*, oleh karena itu saat ini banyak peneliti memanfaatkannya sebagai sensor. Salah satu penelitian yang menguji lapisan ZnO pada serat karbon digunakan sebagai sensor udara atau sensor tekanan air. Seperti pada Gambar 2.3 berikut ini ;



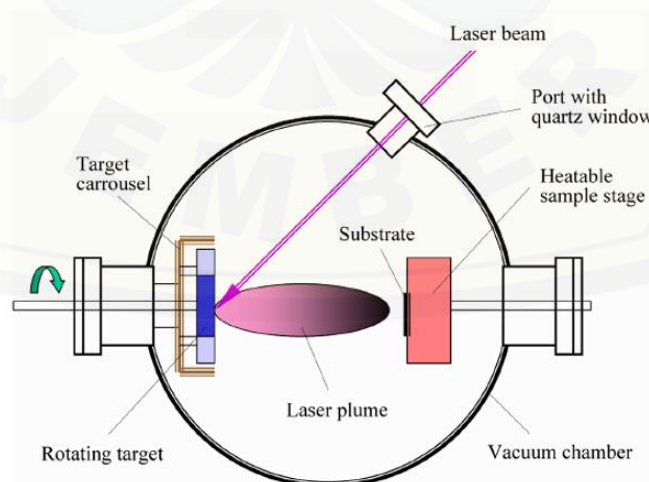
Gambar 2.5 Sensor tekanan udara lapisan ZnO pada serat karbon (Zetang *and* Zhong, 2011)

2.4 Metode Pelapisan Serat Karbon

Metode pelapisan serat karbon saat ini sangat berkembang dengan pesat, karena fungsinya yang sangat banyak salah satunya sebagai bahan *nano generator* atau *piezoelectric*. Pada metode pelapisannya serat karbon ada berbagai macam antara lain :

2.4.1 Pulsed Laser Deposition

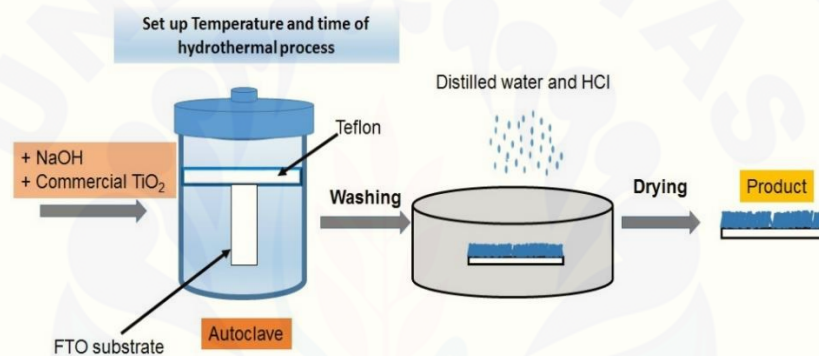
Pulsed laser deposition (PLD) merupakan teknik penumbuhan lapisan tipis yang cakupan materialnya sangat luas, seperti oksida, nitrit, semikonduktor, metal dan bahkan polimer. Prinsip kerja dengan menggunakan PLD adalah *substrate* dan target diletakkan saling berhadapan di dalam *vacuum chamber*, kemudian tenaga laser digunakan sebagai sumber energi eksternal untuk menguapkan sebagian kecil material target menuju substrat. Kelebihan menggunakan teknik PLD adalah alat ini tersusun atas *Ultra High Vacuum (UHV) chamber* and sumber laser sehingga memungkinkan untuk bisa mengatur gas yang digunakan dan besar tekanan saat melakukan deposisi. Penggunaan laser dalam pendeposisian karena laser memiliki daya yang tinggi dan durasi pulsa yang pendek sehingga akan menghasilkan ablasi atom dan molekul dengan stoikiometri yang hampir sama dengan material targetnya (Suliyanti *et al.*, 2011). Selain itu penggunaan daya laser tinggi juga menyebabkan ablasi dari atom dan molekul tersebar merata sehingga menghasilkan lapisan dengan tingkat kekasaran yang rendah.



Gambar 2.6 Prinsip kerja dari *Pulsed Laser Deposition*

2.4.2 Hydrothermal

Metode *hydrothermal* adalah metode yang menggunakan air dan panas yang sifatnya mengubah larutan menjadi kristal. Metode *hydrothermal* harus dilakukan pada sistem tertutup untuk mencegah hilangnya pelarut saat dipanaskan diatas titik didihnya. Metode *hydrothermal* dapat menghasilkan kristalinitas dan kemurnian yang lebih tinggi Dalam beberapa penelitian metode *hydrothermal* dilakukan untuk meneliti suatu objek, yang dapat dilihat pada pengaruh jenis dan konsentrasi. Karena hal ini dapat mempengaruhi kristalinitas produk yang akan dihasilkan dari metode *hydrothermal* tersebut. Sintesis *hydrothermal* memiliki beberapa metode yang digunakan dalam proses pembentukan material.



Gambar 2.7 Alat *hydrothermal autoclaves*

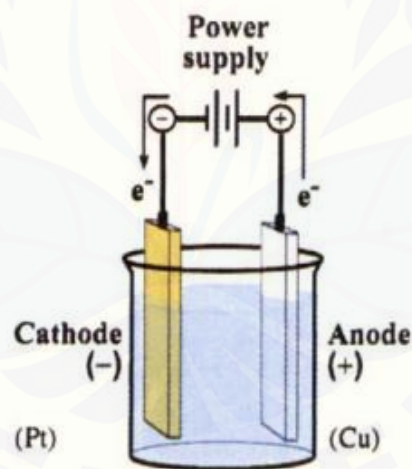
Selain itu sintesis *hydrothermal* memiliki kelebihan seperti, terbentuknya serbuk secara langsung ,ukuran partikel dan bentuk partikel dapat dikontrol, kereaktifan serbuk yang dihasilkan tinggi dan kekurangan dari sintesis *hydrothermal* yaitu membutuhkan temperatur yang tinggi dan proses pembuatan material membutuhkan waktu reaksi yang sangat panjang.

2.4.3 Electrochemical

Electrochemical atau elektrokimia merupakan teknologi pelapisan dengan merubah energi listrik ke energi kimia atau disebut elektrodposisi karena prinsip pengendapannya. Pada proses elektrokimia terjadi proses transfer elektron satu atau lebih elektron dari reduktor ke akseptor (oksidan), dimana proses ini terjadi akibat adanya gaya tarik menarik. Perubahan kimia terjadi selama transfer elektron baik pada oksidan maupun reduktan, sehingga terjadi kelebihan elektron menyebabkan

adanya jumlah elektron dengan valensi ganjil. Elektron dengan valensi ganjil pada reaksi ini sangat tidak stabil sehingga apabila ada elektron yang bebas akan langsung tertarik dan terikat (Radha K.V and Sirisha K, 2018).

Pada sistem elektrokimia, bila diberi beda tegangan, ion bergerak menuju elektroda. Kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda. Apabila tegangannya satu-satuan laju tersebut dinamakan mobilitas atau konduktivitas ion individu. Konduktivitas total larutan tertentu merupakan jumlah mobilitas seluruh ion yang ada. Hal ini hanya akan terjadi apabila larutannya sangat encer. Bagian arus total yang dibawa oleh ion tertentu disebut transferens dan angka transport ion tersebut. Hukum elektrolisis Faraday merupakan dasar utama pemahaman electrochemical, jumlah perubahan kimia oleh satuan arus listrik sebanding dengan banyaknya arus yang mengalir dan jumlah macam bahan berbeda yang dibebaskan oleh sejumlah tertentu listrik sebanding dengan berat ekivalen kimianya (Irwandy, 2014).



Gambar 2.8 Proses *electrochemical* dengan menggunakan dua buah elektroda (Ciobanu *et al.*, 2007)

Karakterisasi elektrokimia dilakukan untuk mempelajari perilaku bahan dalam berbagai kondisi elektrokimia. Pada sel elektrokimia, terdapat tiga macam jenis sistem elektroda, dua sistem elektroda, tiga sistem elektroda dan empat sistem elektroda. Sel elektrokimia terdiri dari dua komponen yaitu sel yang berkerja dan sel yang melawan. Sel elektrokimia digunakan untuk menghasilkan voltage dan

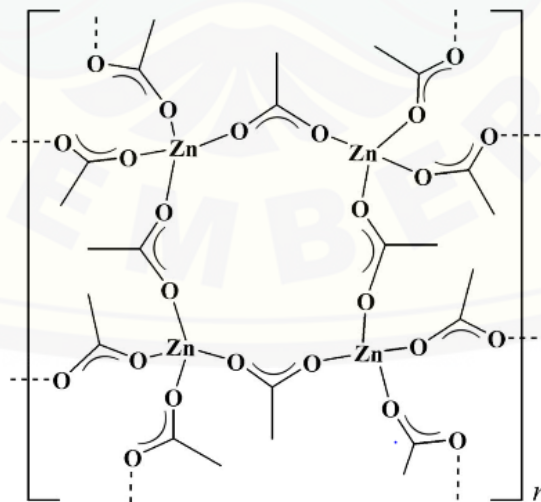
arus dari proses reaksi kimia menggunakan masukan sinyal elektrokimia. Potential pada elektroda yang aktif sangat sensitif terhadap konsentrasi cairan analit. Dalam kasus dua sistem elektroda, terdapat satu sebagai elektroda yang bekerja dan satunya lagi sebagai pembalik dari elektroda. Oleh karena itu pengukuran pada dua sistem elektroda yang diukur merupakan tegangan (Choudhary, 2017).

2.5 Bahan Penyusun Lapisan ZnO

Proses pelapisan ZnO pada serat karbon terdapat berbagai macam bahan penyusunnya, bahan penyusun dari lapisan ini antara lain :

2.5.1 Prekursor *Zinc Acetate Dihydrate*

Zinc acetate dihydrate dengan rumus kimia $Zn(CH_3CO_2)_2 \cdot 2H_2O$ termasuk kedalam golongan garam (dalam kimia) dan dianggap sebagai bahan *ionic* (bahan yang terbentuk dari ion-ion yang mengalami gaya elektrostatis sehingga menyebabkan ion saling menempel) yang mana bisa terbentuk dari reaksi netralisasi (keseimbangan antara asam dan basa). Bahan ini biasanya terdapat dalam bentuk *dihydrate* (mengandung air) dan *anhydrate* (tidak mengandung air) dan berbentuk padat serta tidak berwarna. Struktur kristal dari bahan ini adalah *monoclinic* (P2/c) dan berbentuk dua-dimensional (He, 2006), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4 dibawah.



Gambar 2.9 Susunan atom kristal monoclinic *Zinc acetate* (He, 2006)

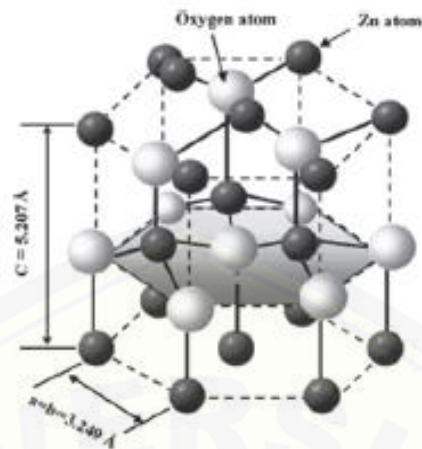
Zinc acetate dihydrate maupun *anhydrate* biasanya digunakan pada industri skala besar seperti contohnya farmasi, suplemen makanan ternak, digunakan dalam proses pewarnaan dalam produksi katalis polimer dan lain sebagainya. *Zinc acetate dihydrate* memiliki massa molar 219,5 gr/mol, massa jenis 1,735 gr/cm³ dan memiliki titik didih pada suhu 239°C (pada air titik didih 100°C) serta berbentuk padatan putih (He, 2006).

2.5.2 ZnO (*Zinc Oxide*)

Zinc Oxide (ZnO) merupakan material semikonduktor golongan II-VI yang sudah tidak asing lagi dalam teknologi nanopartikel. Material ini secara alami memiliki sifat pembawa muatan elektron atau sering disebut sebagai semikonduktor tipe-n. ZnO ditemukan di alam dalam bentuk mineral *Zincite*. Seng oksida merupakan material semikonduktor yang memiliki celah pita 3,37 eV pada suhu ruangan (Kumar *et al.*, 2013). ZnO adalah material fungsional serbaguna yang memiliki beragam jenis pertumbuhan morfologi, antara lain *nanowire*, *nanobelts*, *nanocomb*, *nanospring*, *nanhelixes*, *nanorings*, dan *nanocage*.

Pada umumnya ZnO berwarna putih dengan bentuk serbuk dan tidak larut dalam air. ZnO banyak digunakan sebagai tambahan dalam berbagai bahan dan produk termasuk karet, plastik, keramik, gelas, semen dan pelumas (Hernandezbattez *et al.*, 2008). Bubuk putih ZnO sering dikenal dengan *zincite* mineral. Proses pembuatan serbuk ZnO kebanyakan menggunakan metode sintesis. Seng oksida mengkristal dalam dua bentuk, *hexagonal wurtzite* dan *cubic zincblende* (Fierro *et al.*, 2006).

Pada suhu dan tekanan ambien, ZnO mengkristal dalam struktur *hexagonal wurtzite* (tipe B4), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Koordinasi tetrahedral ini memberi ruang kepada polaritas sepanjang sumbu *hexagonal*. Polaritas ini bertanggung jawab untuk sejumlah properti ZnO, termasuk kemampuan *piezoelectric* dan faktor utama dalam pertumbuhan kristal ZnO.



Gambar 2.10 Struktur *hexagonal wurtzite* pada ZnO. Atom O ditunjukkan dengan bola putih sedangkan Zn bola coklat (Vaseem *et al.*, 1988)

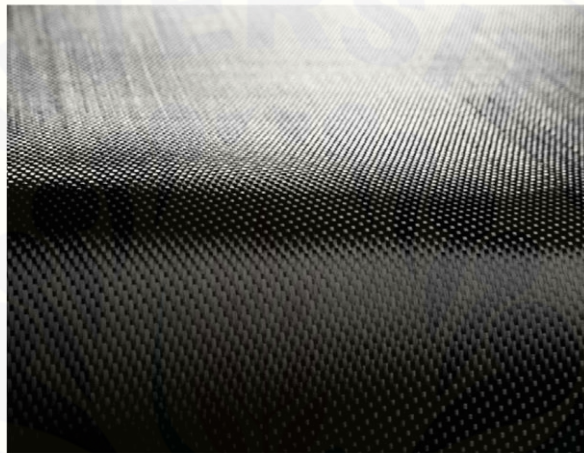
Struktur *hexagonal wurtzite* merupakan struktur yang paling stabil pada kondisi ambien dibandingkan dengan *zincblende*. Bentuk *zincblende* dapat distabilkan dengan menumbuhkan ZnO pada *substrate* dengan struktur kisi kubik (Ozgur *et al.*, 2005). Struktur kristal ini berbentuk sphalerite dengan adanya atom Zn ini pada setiap sudut dan sisi tengah dan atom O sebagai intersisi di antara empat atom Zn yang berdekatan.



Gambar 2.11 Struktur *zincblende* pada ZnO. Atom O ditunjukkan dengan bulatan putih dan Atom Zn dengan bulatan hitam (Ozgur *et al.*, 2005)

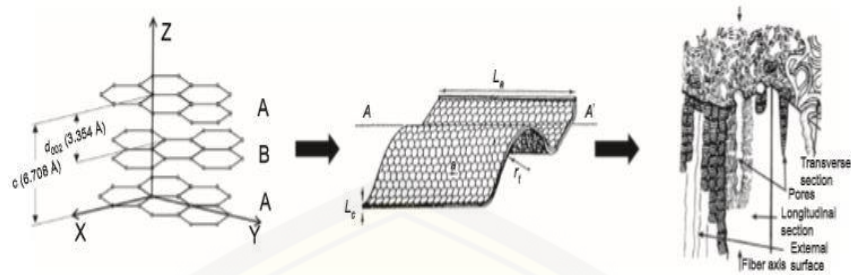
2.5.3 Serat Karbon

Serat karbon pertama kali dihasilkan oleh Thomas Edison sebagai filamen untuk bola lampu listriknya. Kemudian pada tahun 1960-an serat karbon dikembangkan untuk struktural komposit yang aplikasinya untuk ruang dan pertahanan. Kelebihan serat karbon memiliki kekuatan tinggi, kekakuan yang tinggi, kepadatan rendah serta serat karbon memiliki konduktivitas termal dan listrik yang tinggi sehingga cocok untuk aplikasi energi thermal dan arus listrik (Peebles, 1995).



Gambar 2.12 Serat karbon (Pusch *et al.*, 2018)

Serat karbon atau *carbon fiber* merupakan serat dengan kandungan karbon 90% atau lebih. Proses produksinya menggunakan konversi termal dari serat organik dengan kandungan karbon yang lebih rendah seperti poliakrilonitril (PAN) yang mengandung beberapa ribu filamen dengan diameter antara 5 dan 10 μm . Kelebihan utama dari serat karbon dibandingkan dengan serat lainnya adalah kekuatan tarik tinggi, kekakuan tinggi, kepadatan rendah, dan ketahanan kimia yang tinggi (Pusch *et al.*, 2018). Struktur standar dari serat karbon tidak berbentuk sempurna, dimana lapisannya melengkung sehingga menyebabkan ketidaksejajaran sepanjang serat. Karena alasan tersebut struktur serat karbon disebut dengan *turbostratic*, dengan jarak antar lapisan antara lapisan karbon lebih besar daripada grafit sempurna seperti pada gambar 2.8 (Newcomb *et al.*, 2018).



Gambar 2.13 Struktur unit dasar serat karbon yang diadaptasi dari struktur grafit yang sempurna dan hubungannya dengan filament karbon (Guigon *et al.*, 1984)

2.6 Karakterisasi Material

Karakterisasi material merupakan upaya untuk mengetahui keberhasilan suatu penelitian yang didasarkan pada pengujian *standart* yang berlaku. Ada berbagai karakterisasi pada penelitian *electrochemical*.

2.6.1 Pengujian Mikro

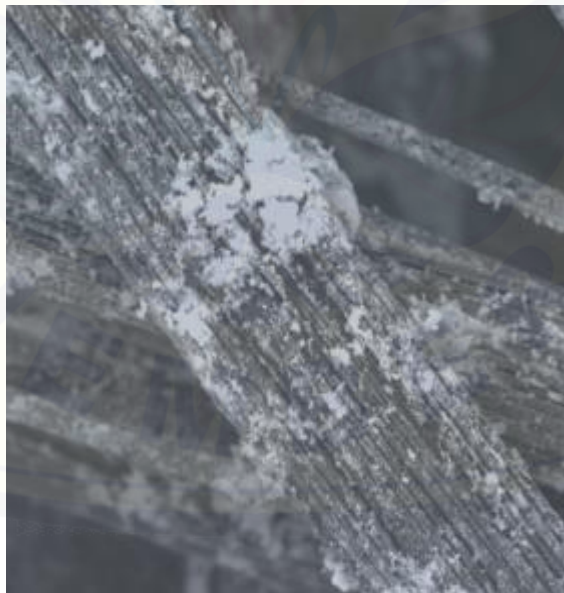
Pengujian mikro merupakan pengujian untuk mengetahui struktur material dengan perbesaran mikro, sehingga spesimen atau material dapat diketahui perbedaan partikel, serat dan matriknya. Peralatan yang digunakan untuk pengujian mikro menggunakan *digital microscope portable* seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.14 Mikroskop (Mitutoyo)

Mikroskop portabel memiliki komponen utama, komponen utama mikroskop adalah (1) sistem penyinaran atau penerangan terdiri dari sumber cahaya dan aperture yang dapat diatur (2) lensa objektif dan lensa okuler (lensa mata) yang dipasang pada ujung tabung silindris, dan (3) dudukan spesimen (tetap atau dapat diputar) yang digunakan untuk menempatkan spesimen ketika akan digunakan untuk perbesaran dengan lensa. Lensa objektif, komponen yang paling penting dan kritis dalam susunan mikroskop cahaya, terdiri dari beberapa lensa gelas, dan kadang-kadang lensa fluorit (Smallman *et al.*, 2000).

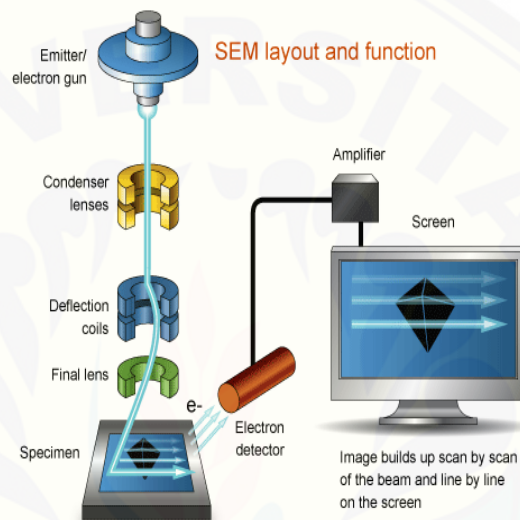
Hal utama yang harus diperhatikan dalam menggunakan mikroskop adalah keterampilan menggunakan resolusi dan bukan perbesaran. Yang dimaksud dengan resolusi adalah jarak pemisah terdekat (δ) yang dapat membedakan antara dua garis pada mata, sedangkan perbesaran adalah istilah subjektif : sebagai contoh, perbesaran berubah dengan jarak mata atau jarak objek ke mata. Oleh karena itu, para ahli mikroskop mengatasi kesulitan ini dengan menggunakan istilah “skala reproduksi” yaitu rasio ukuran linear dari mata terhadap objek aslinya (Smallman *et al.*, 2000). Berikut Gambar 2.10 menampilkan hasil pengujian dari mikroskop.



Gambar 2.15 Hasil pengujian spesimen menggunakan mikroskop

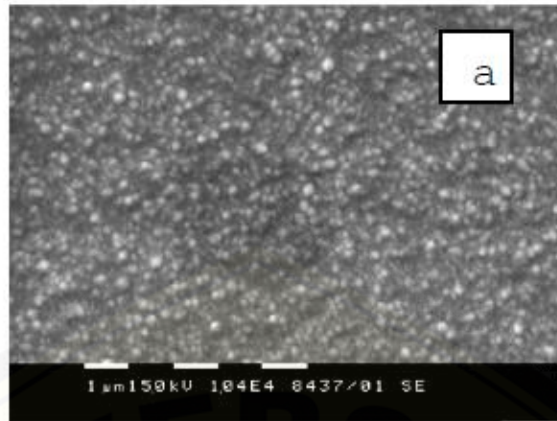
2.6.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengamati material dimana alat ini memancarkan sinar elektron dari katoda dengan tegangan 0.5-30 Kv yang diarahkan pada permukaan material dengan bantuan 2 lensa yaitu lensa kondensor dan obyektik yang memfokuskan pada permukaan spesimen sehingga dapat menghasilkan gambar yang sangat tajam (Reichelt, 2008).



Gambar 2.16 Cara kerja *Scanning Electron Microscopy* (Berhanu T, 2018)

Cara kerja SEM dengan menggunakan berkas elektron yang difokuskan menjadi bercak berdiameter = 10nm yang melakukan *scan* terhadap permukaan dalam raster. Elektron dari spesimen difokuskan oleh elektroda elektrostatik pada skintilator (pengelip) bias. Cahaya yang dihasilkan ditransmissikan lewat tabung cahaya *Perspex* ke pengganda foto dan sinyal yang terjadi digunakan untuk memodulasi kecerahan berak osiloskop yang merunut suatu raster yang disinkron dengan berkas elektron pada permukaan spesimen. Hasil yang tampak di layar osiloskop sama dengan hasil optik dan biasanya spesimen dimiringkan sedikit terhadap kolektor (sudut rendah $<30^\circ$), untuk pengamatan umum (Smallman *et al.*, 2000). Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 2.12.



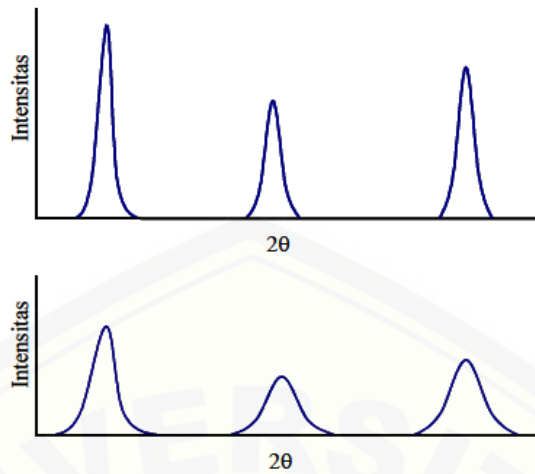
Gambar 2.17 Hasil SEM pada permukaan spesimen (Nichev *et al.*,2010)

Kelebihan SEM dapat menghasilkan lensa fokal yang lebih panjang sehingga memungkinkan jarak kerja terhadap spesimen lebih efisien dalam pengambilan gambar yang direkam oleh detektor pada ujung lensa. Pengamatan SEM dilakukan dengan menghubungkan mesin pada PC yang bertujuan agar PC dapat mengendalikan berkas elektron serta agar maksimal dalam pengambilan gambar digital pada permukaan sampel (Reichelt, 2008).

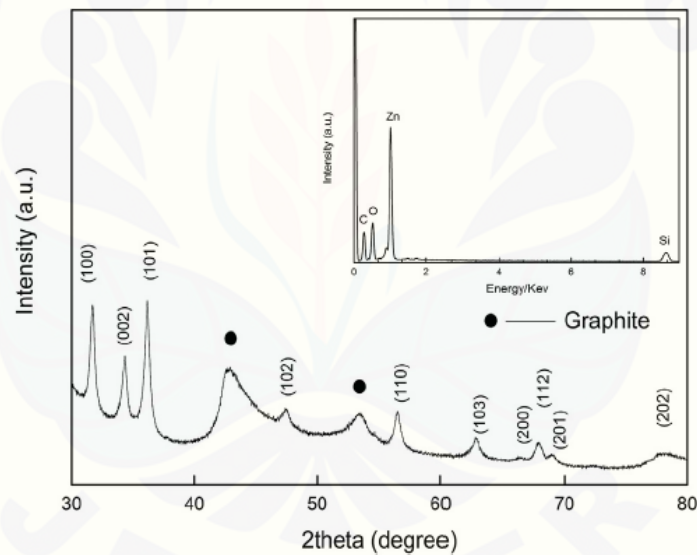
2.6.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Pada penelitian ini difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan. Sinar-X dihasilkan ketika elektron berkecepatan tinggi menumbuk *substrate* sehingga elektron yang ada pada *substrate* akan mengalami pergerakan sehingga akan terjadi kekosongan elektron. Kekosongan inilah yang selanjutnya diisi oleh elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi sehingga terjadinya pacaran energi dalam bentuk sinar-X.

Berdasarkan metode ini, makin kecil ukuran kristalinitas maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.13. Kristal yang berukuran besar dengan suatu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertical. Kristalinitas yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar dan memberikan informasi tentang ukuran dan bentuk kristalinitas.



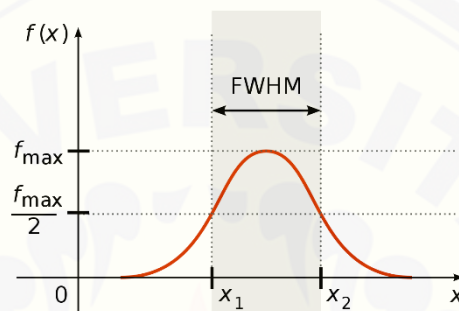
Gambar 2.18 Lebar dan puncak difraksi sinar-X mempengaruhi ukuran partikelnya (Khairurijjal, 2009)



Gambar 2.19 Hasil XRD lapisan ZnO pada serat karbon (Junfeng *et al.*, 2015)

Hukum *Bragg* menyatakan bahwa perbedaan lintasan berkas difraksi sinar X harus merupakan kelipatan panjang gelombang. Secara umum pada proses difraksi sinar-X, apabila suatu bahan dikenai sinar-X maka intensitas sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasenya sama.

Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi. Persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan merupakan berkas difraksi inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum *Bragg* (Hilma *et al.*, 2014). Interpretasi data difraksi sinar-X berupa FWHM dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal sampel. Data dari sinar-X harus dicocokkan dengan data JCPDS-ICDD.



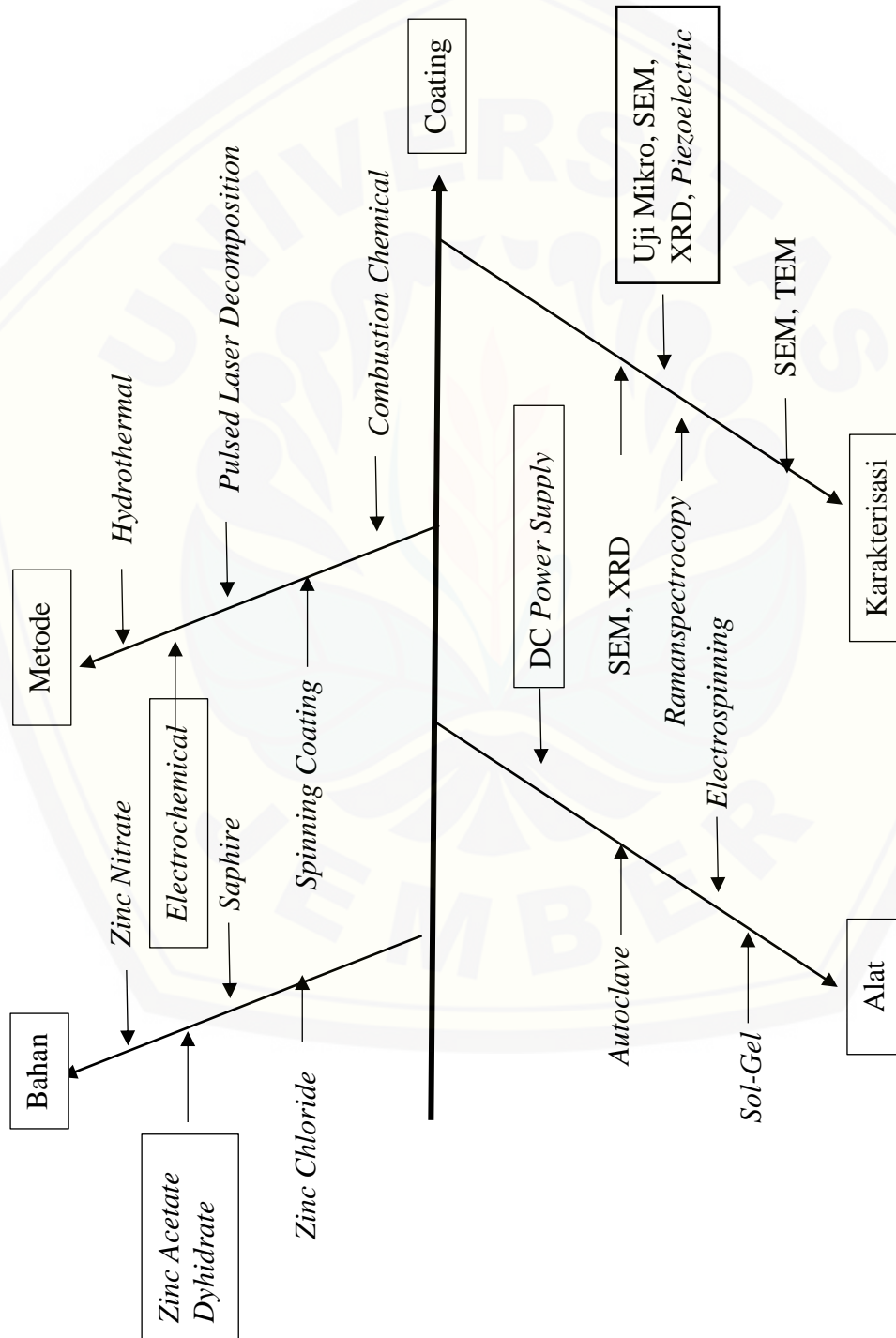
Gambar 2.20 Puncak difraksi dari sinar-X dan FWHM

2.7 Hipotesis

Pada penelitian yang dilakukan, diperoleh hipotesa bahwa arus dan komposisi prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* semakin besar maka pertumbuhan ZnO yang terjadi lebih cepat dan merata pada permukaan serat karbon dengan menggunakan metode pelapisan *electrochemical*.

2.7 Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* atau diagram tulang ikan merupakan diagram dari struktur pengujian yang disusun ringkas secara rinci, penemu diagram *fishbone* ini adalah Dr. Kaoru Ishikawa seorang ilmuwan jepang pada tahun 60-an, Dr. Ishikawa merupakan lulusan teknik kimia di Universitas Tokyo.



Gambar 2.21 Diagram Fishbone Dari Penelitian

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *electrochemical*, yaitu sebuah metode untuk melapiskan ZnO pada serat karbon menggunakan variasi konsentrasi prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* dan dicampur dengan pelarut *ethanol* yang diaduk hingga menghasilkan larutan elektrolit dan diberi variasi arus hingga serat karbon terlapisi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan sampel pelapisan serat karbon dengan ZnO menggunakan metode *electrochemical* dilakukan di Lab. Perancangan Mekanik Universitas Jember, waktu penelitian dari bulan Maret sampai dengan bulan Juli 2019.

3.3 Alat Dan Bahan

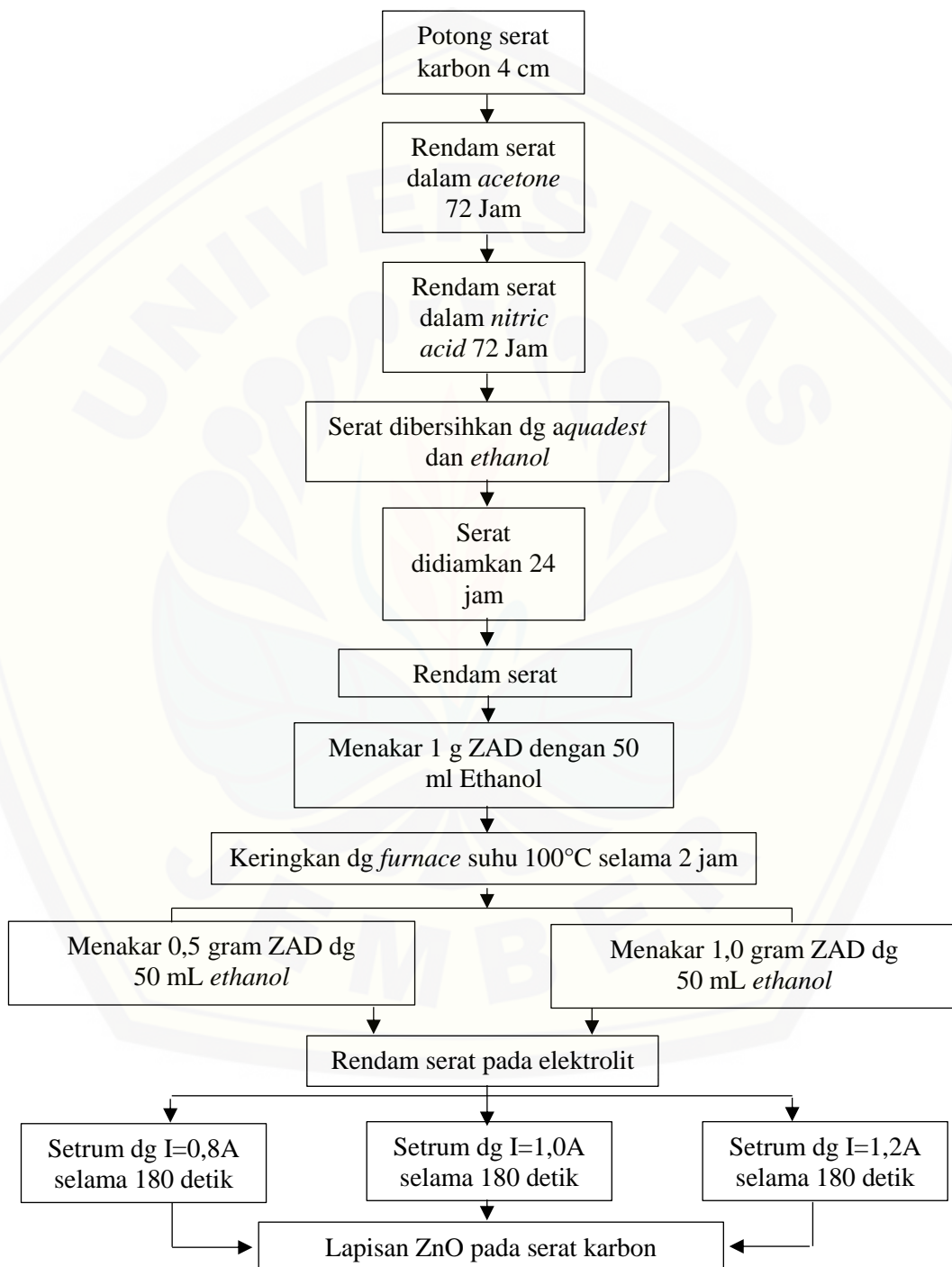
Alat yang digunakan pada penelitian pelapisan ZnO pada serat karbon antara lain :

Tabel 3.1 Alat pelapisan dan bahan ZnO pada serat karbon

No.	Alat	Bahan
1.	DC power supply	<i>Zinc Acetate Dyhydrate</i> (Merck)
2.	<i>Muffle Furnace</i>	Serat Karbon A-42 3K Aksaca
3.	Timbangan	<i>Aquadest</i>
4.	Gelas Ukur	<i>Nitric Acid</i>
5.	Cawan 50 gr	<i>Ethanol</i>
6.	Pipet	<i>Acetone</i>
7.	USB Osiloskop	Plat Nikel
8.	Mikroskop Optik	
8.	SEM	
9.	XRD	

3.4 Langkah Kerja

Preparasi pelapisan ZnO pada serat karbon dengan variasi prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* 0,5 g/ 50mL atau 1,0 g/50mL dengan variasi arus 0.8 A, 1.0 A, dan 1.2 A adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tahapan preparasi lapisan ZnO pada serat karbon

3.5 Pengujian Sampel

3.5.1 Uji Mikro

Pengujian mikro pada spesimen untuk mengetahui struktur morfologi pada spesimen dan mencari titik terbaik untuk di uji selanjutnya yaitu uji SEM. Bentuk morfologi dikarakterisasi menggunakan alat uji mikroskop. Prosedur uji mikroskop adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat pengujian mikroskop
2. Preparasi sampel lapisan ZnO pada serat karbon di tempat yang telah disediakan.
3. Taruh sampel yang sudah siap diuji pada tempat datar.
4. Kemudian sampel siap di uji dengan pembesaran yang dikehendaki dan hasilnya ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3.2 Mikroskop digital portabel

3.5.2 Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk gambar uji SEM dengan dengan arus yang digunakan 1,0 A menggunakan metode *electrochemical* untuk pelapisan ZnO pada serat karbon. Pengamatan pada penelitian ini mengamati hasil dari *electrochemical* terhadap ukuran lapisan yang dihasilkan. Alat uji SEM yang digunakan adalah alat uji *NDT SEM FEI merk Impact S50* di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.

Bentuk morfologi dan ukuran partikel lapisan ZnO pada serat karbon dikarakterisasi menggunakan alat uji SEM. Prosedur uji SEM adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat pengujian *NDT SEM FEI merk Impact S50* seperti pada gambar 3.3
2. Preparasi sampel lapisan ZnO pada serat karbon di tempat yang telah disediakan.
3. Melapisi sampel dengan bahan konduktif
4. Taruh sampel yang sudah siap diuji pada stage seperti gambar 3.3
5. Masukkan stage kedalam alat *NDT SEM FEI merk Impact S50*
6. Kemudian sampel siap di uji dengan pembesaran yang dikehendaki dan hasilnya ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3.3 Alat uji *NDT SEM FEI merk Impact S50*

3.5.3 Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengujian XRD bertujuan untuk mengetahui puncak-puncak grafik sehingga dapat mengetahui struktur kristal, dan ukuran kristal. Data yang didapatkan dari pengujian ini berupa intensitas dan posisi sudut difraksi yang merupakan data kuantitatif. Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Fakultas FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Berikut tahapan pengolahan data XRD yang akan digunakan sebagai data analisa :

1. Setelah data kuantitatif berupa intensitas dan posisi sudut difraksi didapat maka

proses selanjutnya mengolah data tersebut dengan menggunakan *software Match*.

2. Mengolah data tersebut menggunakan *software Match* dimana *software* ini mempresentasikan dalam bentuk grafik.
3. Lalu mencocokkan dengan standar difraksi sinar JCPDS-ICDD
4. Selanjutnya menganalisa puncak-puncak grafik untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran kristal.



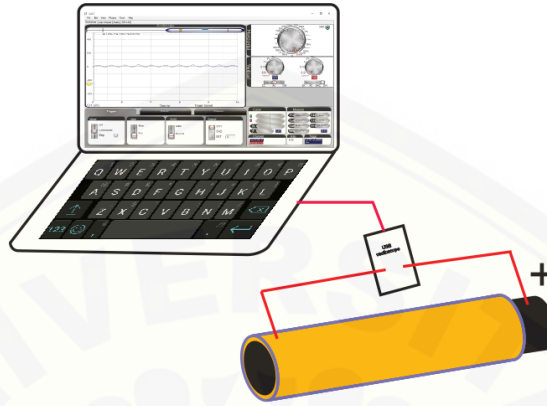
Gambar 3.4 XRD di laboratorium Karakterisasi Material ITS

3.5.4 Pengujian *Piezoelectric*

Pengujian *piezoelectric* pada spesimen untuk mengetahui apakah hasil dari lapisan dapat menghasilkan tegangan. Pada pengujian ini menggunakan alat USB Osiloskop dan menggunakan aplikasi *Proscope* pada laptop sebagai penampil data gelombang tegangan. Prosedur uji sebagai berikut ;

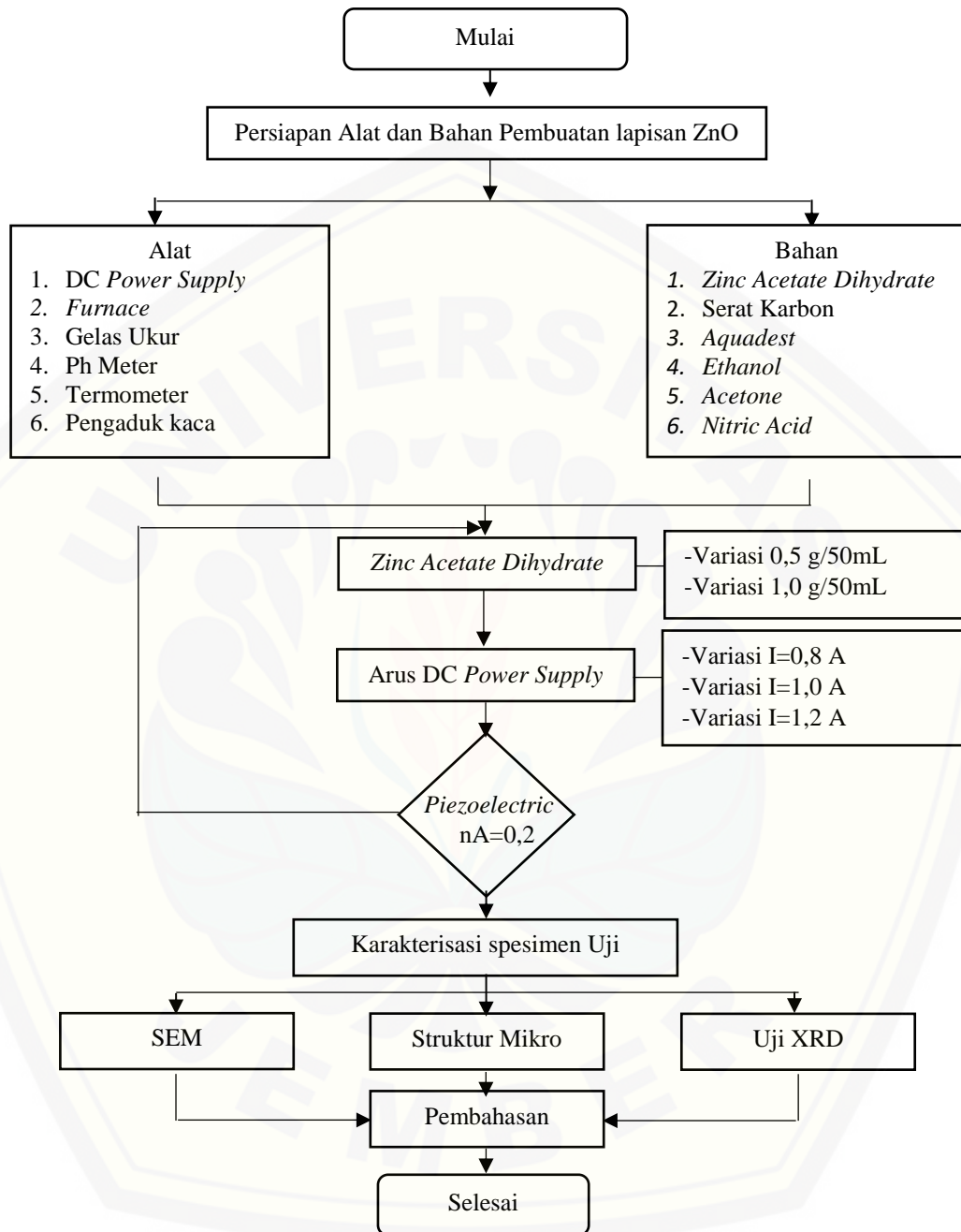
1. Siapkan alat pengujian USB Osiloskop dan laptop yang telah di *install* aplikasi *Proscope*.
2. Untuk sampel yang telah jadi, salah satu ujungnya diberikan cairan NaOH untuk mengelupas lapisan ZnO nya karena berfungsi sebagai konduktor, seperti pada Gambar 3.1.
3. Setelah sampel siap maka ditempelkan pada mika tipis. Lalu ujung lapisan serat karbon yang terlapis ZnO diberi tembaga sebagai negatif dan begitu juga dengan ujung satunya yang tanpa lapisan ZnO.

4. Setelah siap sampel ditempelkan pada pergelangan tangan. Ketika sampel merupakan lapisan ZnO maka USB Osiloskop akan melanjutkan hasil data pada layar laptop berupa grafik tegangan.



Gambar 3.5 Ilustrasi sampel yang diberikan NaOH dan cara menguji tegangan piezoelectric sebagai sensor denyut nadi.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian pengaruh arus dan prekursor terhadap hasil pelapisan ZnO pada serat karbon serta sebagai sensor denyut nadi adalah :

1. Arus dan prekursor sangat berpengaruh terhadap hasil lapisan ZnO pada serat karbon. Semakin besar arus dan prekursor yang digunakan saat proses *electrochemical* maka semakin cepat lapisan ZnO menebal pada permukaan serat dan mengakibatkan lapisan ZnO semakin merata. Lapisan ZnO yang paling tebal diperoleh dengan variasi arus 1,2 A dengan prekursor 1,0 gr/50mL.
2. Lapisan ZnO pada serat karbon memiliki ketebalan sekitar 2,686-8,856 μm . Ketebalan lapisan ini tidak merata karena partikel yang terbentuk ada dua macam yaitu aglomerasi dan serpihan. Partikel yang membuat lapisan tidak merata adalah aglomerasi. Ukuran kristalinitias dari data XRD variasi arus 1,0 A sebesar 346,87 nm dan untuk 1,2 A sebesar 458,89 nm, namun untuk arus 1,0 A struktur yang terbentuk masih belum sepenuhnya kristal.
3. Hasil penelitian lapisan ZnO pada serat karbon dengan metode *electrochemical decomposition* sebagai sensor denyut nadi menghasilkan nilai tegangan tertinggi untuk variasi arus 1,2 A yaitu sebesar 0,0298 V, lalu untuk variasi arus 1,0 A sebesar 0,0218 V dan untuk variasi arus 0,8 A sebesar 0,0142 V.

5.2 Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan memiliki beberapa faktor yang perlu di tingkatkan seperti penambahan bahan untuk elektrolit, waktu proses penumbuhan yang lebih lama dan alat *electrochemical* yang lebih kompleks untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Assiri M.S., Mostafa M.M., Ali M.A., dan El-Desoky M.M. 2014. Synthesis, structural and electrical properties of annealed ZnO thin films deposited by pulsed laser deposition (PLD). 1-9.
- Ayoub Yari Boroujeni., Marwan Al-Haik, Anahita Emami, and Roozbeh Kalhor. 2018. Hybrid ZnO Nanorod Grafted Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites; Randomly versus Radially Aligned Long ZnO Nanorods Growth. 2-5.
- Belay Abebe., Bulcha Bekele and Chandra Reddy, A.R. 2018. Effects of Temperature and Polyvinyl Alcohol. 2-4.
- Berhanu Taame. 2018. Working Principle of Scanning Electron Microscope. 1-34.
- Chand S. 2000. Review Carbon fiber for composites, 35(6):1303-1313
- Ciobanu Madalina., Jeremy P. Wilburn, Morgan L.Krim, David E. Cliffel. Handbook Electrochemistry. 3-29.
- Choudhary Yogesh S., Jothi Lavanya., dan Nageswaran Gomathi. 2017. Electrochemical Characterization Indian Institute of Space Science and Technology.
- Chung Deborah D.DL. 2017. Carbon Composites : Composites with Carbon Fibers, Nanofibers, and Nanotubes. Kidlington: Elsevier Inc.
- Fierro, J. L. G. 2006. Metal Oxides: Chemistry & Applications. CRC Press. p. 182. ISBN 978-0824723712.

Gopinath Ashita and Krishna Kadirvelu. 2018. Surface modification of microporous carbonaceous fiber for the growth of zinc oxide micro / nanostructures for the decontamination of malathion. 1-8.

Guigon M, Oberlin A: Heat-treatment of high tensile strength PAN-based carbon fibres: microtexture, structure and mechanical properties, *Compos Sci Technol* 27:1e23, 1986. [https://doi.org/10.1016/0266-3538\(86\)90060-6](https://doi.org/10.1016/0266-3538(86)90060-6).

Guigon M, Oberlin A, Desarmot G: Microtexture and structure of some high-modulus, PANbased carbon fibres, *Fibre Sci Technol* 20:177e198, 1984a. [https://doi.org/10.1016/0015-0568\(84\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0015-0568(84)90040-X).

He Hongshan. 2006. A new monoclinic polymorph of anhydrous zinc acetate. 1-2.

Hermawan Lilik., Hadi Setyo Subiyono, dan Setya Rahayu. 2012. Pengaruh pemberian asupan cairan (air) terhadap profil denyut jantung pada aktivitas aerobik. 15-16.

I Nengah Sandi 2016. Pengaruh latihan fisik terhadap frekuensi denyut nadi. 1-3.

Idris A. A. M., R. Arsat2, M. K. Ahmad, and F. Sidek. 2017. Comparison of Deposition Methods of ZnO Thin Film on Flexible Substrate. 1-6.

Junfeng Ma., Fu Wenfeng, Meng Yongqiang, Yu Zhiqiang, Shan Cai dan Niu Bingbing. 2015. "Electrochemical" growth of ZnO coating on carbon fiber, 1-4.

Khalaf Al Abdullah, Sahar Awada, Jean Zaraketb and Chafic Salamed. 2017. Synthesis of ZnO Nanopowders By Using Sol-Gel and Studying Their Structural and Electrical Properties at Different Temperature, *Energi Procedia* 119 (2017) 565-570

Khan Md Ashiqur Rahaman. 2012. Development of nanocomposites for energy storage devices

Klingshim. C. F., Bruno K.Meyer, Andreas Waag, Axel Hoffman and Jean Geurts (2010). Zinc Oxide Fundamental Properties towards Novel Applications. 120.

Kumar Surabhi Siva., Putcha Venkateswarlu, Vanka Ranga Rao, and Gollapalli Nageswara Rao. 2013. Synthesis, characterization and optical properties of zinc oxide nanoparticles. 1-5.

Khairurrijal. 2008. Review Sintetis Nanomaterial, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi ISSN 1979-0880 Vol. 1 No.2.

Ko Yeong Hwan., Dandu Kamakshigari Venkata Ramana and Jae Su Yu. 2013. Electrochemical synthesis of ZnO branched submicrorods on carbon fibers and their feasibility for environmental applications. 1-5.

Li Shaofen., Xin Feng, dan Li Lin. 2017. Reaction Engineering. Tianjin : Butterworth-Heinemann.

Lower Stephen K. 1995. Electrochemistry, Simon Fraser University.

McCluskey Matthew D., 2018. Defects in Advanced Electronic Materials and Novel Low Dimensional Structures. Linkoping: Woodhead Publishing.

Newcomb Bradley A and Han G. Chae. 2018. The properties of carbon fibers. 1-4

Nurbani H., Hafidudin, Sugondo Hadiyoso. 2015. Perancangan dan implementasi alat pendeteksi denyut nadi berbasis mikrokontroler. 816-817.

Nichev H., Vassileva M Sendova., Andreev P., Malinovska D Dimova., dan Starbova K. 2010. Preparation of wire structured ZnO films by electrochemical deposition, 1-6.

Ozgur U., Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Dogan, V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç. 2005. A comprehensive review of ZnO materials and devices. 5-6

Peenbles Leighton H. 1995. Carbon fibers formation, structure, and properties. CRC Press.

Prawiroredjo Kiki. 2006. Pemahaman dan penggunaan alat ukur multimeter analog sebagai pengenalan teknik elektronika. 68-69.

Pusch Jens and Bernd Wohlmann. 2018. Carbon fibers. 5-6.

Radha K.V and Karunamoorthy Sirisha. 2018. Electrochemical Oxidation Processes. 359-370.

Reichelt Rudolf. Scanning Electron Microscopy. Chapter 3.

R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. "modern physical metallurgy and materials engineering", Hill International Book Company, New York.

Smallman R.E dan Bishop R.J. 1995. Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material. Butterworth: Reed educational & Professional Publishing.

Vaseem Mohammad., Ahmad Umar, and Yoon-Bong Hahn. 2010. ZnO Nanoparticles: Growth, Properties, and Applications. 3-4.

Zetang Li and ZhONG Lin Wang. 2011. Air/Liquid-Pressure and Heartbeat-Driven Flexible Fiber Nanogenerators as a Micro/Nano-Power Source or Diagnostic Sensor. 1-6.

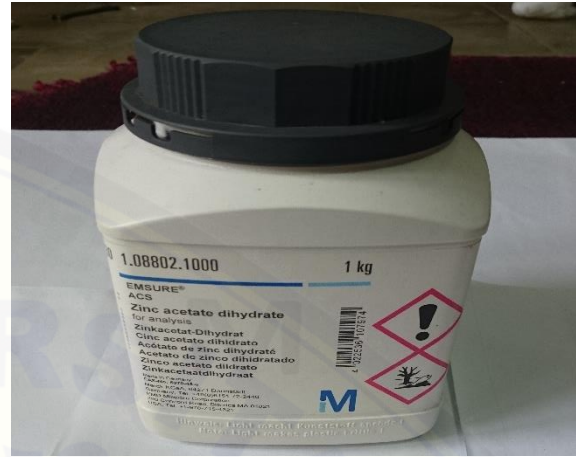
Zheng Alvin Lim Teik., Yoshito Andou, and Ruzniza Mohd Zawawil. 2018. Effects of Deposition Parameters on the Electrochemical Behaviour of ZnO Thin Film. 1-3.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Bahan dan Alat Pelapisan



Serat Karbon



Zinc Acetate Dyhydrate



Ethanol, Acetone, dan Asam Nitrat



NaOH



Timbangan Digital



Gelas Tempat Electrochemical



Gelas Ukur



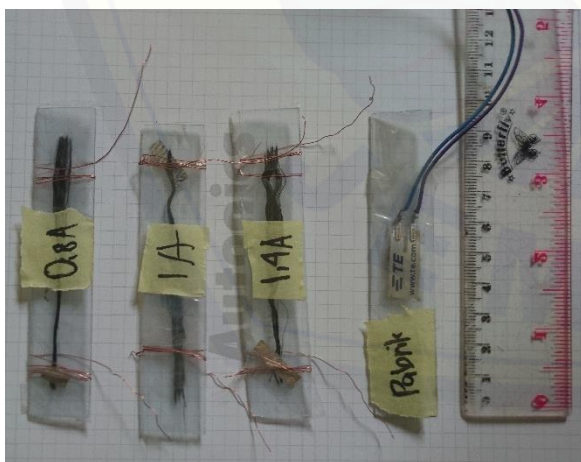
Osiloskop



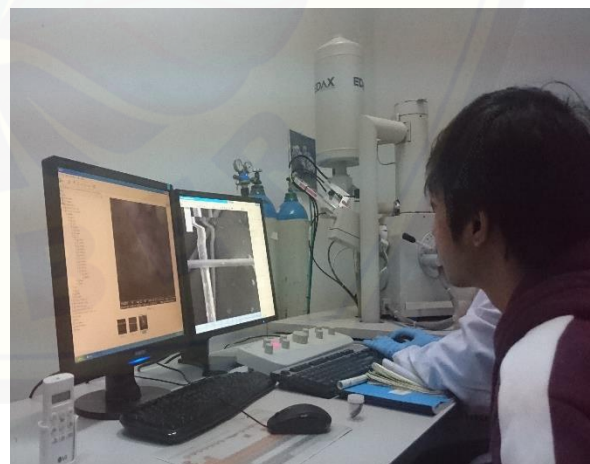
Furnace



DC Power Supply



Sensor denyut nadi lapisan ZnO serat karbon



Pengujian SEM di UM

Lampiran 2 Spesifikasi Osiloskop



PropScope Specifications

- 2 input channels
- 25 Msps maximum sample rate
- 20 Vpp maximum input range (-10 V to +10 V when DC-coupled)
- 10-bit input resolution over either the entire 20 Vpp range, or selectable 10, 2, and 1 Vpp ranges.
- 1x/10x selectable probes for 200 Vpp maximum input range (-100 V to +100 V when DC-coupled)

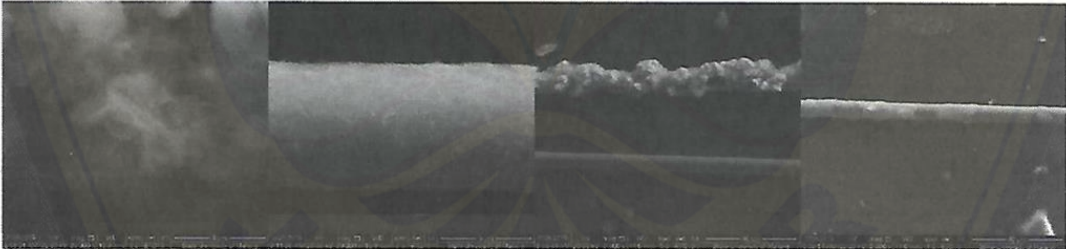
PropScope DAC card specifications

- 8-bit 25 Msps DAC, up to 25Msps with -1.5 to 1.5 and 0 to 5 volt ranges
- External trigger input configurable from -10 to 10 volts
- Four-bit logic analyzer, up to 25 Msps
- Four-bit NTSC/PAL output

Sumber: *Getting Started with the PropScope Parallax USB Oscilloscope v1.1*

Lampiran 3 Hasil Uji SEM Pelapisan ZnO dengan Arus 1,0 A

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG
	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
	LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
	Jalan Semarang 5, Malang 65145
	Telp. 0341-551312 (psw 200) / 574895 / 085106001088 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id Website : central-laboratory.um.ac.id

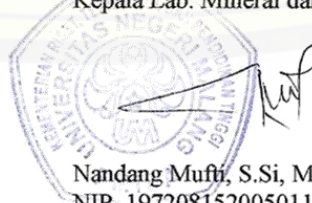
LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.A.00290.2019	
Customers	: Fadea Dinata – Univ.Jember
Contact Customer	: 0852-2175-4990 /email : pranadikrama@gmail.com
Methods	: IKM.A.1
Test Equipment	: SEM
Received Date	: 15 Mei. 2019
Order Number	: LHU.P.00610.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel berbentuk serat tipis seperti rambut berwarna hitam
Sample Code	:A264
Material Name	: Serat Karbon 1AZnO
Measurement time	:Juni 28. 2019
OPERATOR, ANALYZER &SUPERVISOR	
Analyzer	: Halimahtus Sahdiah, S.Si
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
RESULTS	
Remark	: 
<p>Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji</p>	

Mengetahui,
Manajer Teknis

Suj

Dra.Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
NIP.196605281991032001

Malang, 28 Juni 2019
Menyetujui
a.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 19720815200501100

Lampiran 4 Hasil Uji XRD Pelapisan ZnO dengan Variasi Arus

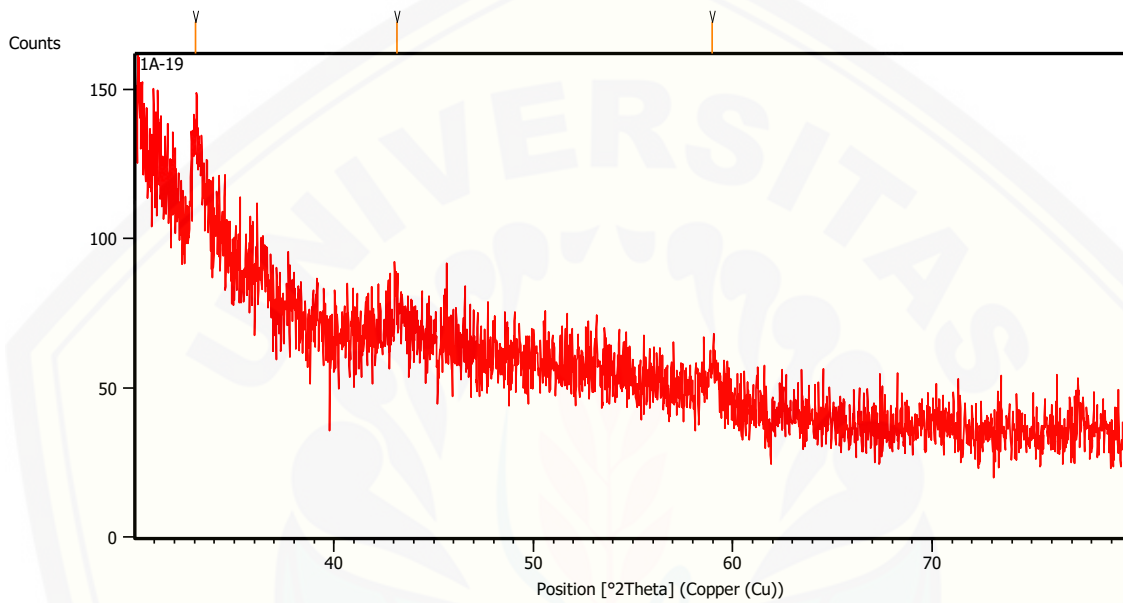
Berikut data mentah hasil pengujian XRD untuk arus 1

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	1A-19
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Juni\Muhammad
Zuhdan\1A-19\1A-19.rd	
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	6/15/2019 11:00:00 AM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	30.0084
End Position [°2Th.]	79.9884
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	XPert MPD
Diffractionmeter Number	1

Goniometer Radius [mm] 200.00
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 91.00
 Incident Beam Monochromator No
 Spinning No

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
33.0542	36.65	0.3346	2.71009	100.00
43.1552	9.79	0.8029	2.09630	26.72
58.9809	11.67	0.4015	1.56606	31.84

Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = 1A-19.rd

- Modification time = "6/18/2019 9:11:41 AM"

- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"

- Step Size = "0.01"

- Modification time = "6/18/2019 9:11:41 AM"

- Modification editor = "PANalytical"

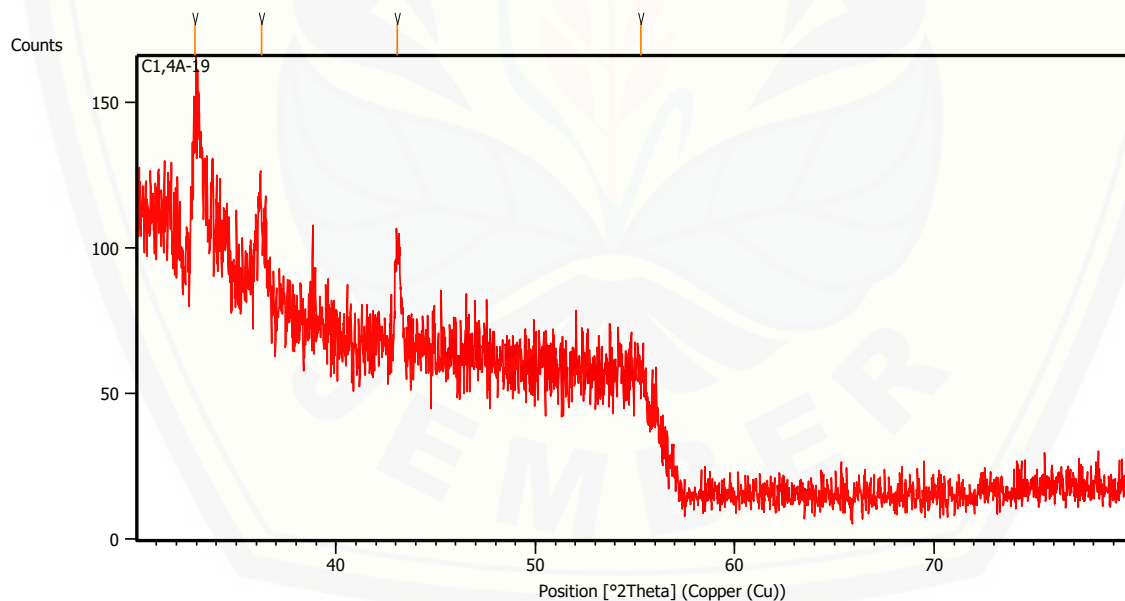
Berikut data mentah hasil pengujian XRD untuk arus 1,2

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	C1,2A-19
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Juni\Muhammad Zuhdan\C1,4A-19\C1,4A-19.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	6/15/2019 11:07:00 AM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	30.0084
End Position [°2Th.]	79.9884
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15

Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
32.9296	44.24	0.2342	2.72006	100.00

36.2493	29.57	0.5353	2.47822	66.83
43.0831	36.49	0.2676	2.09964	82.47
55.2867	17.77	0.5353	1.66162	40.16

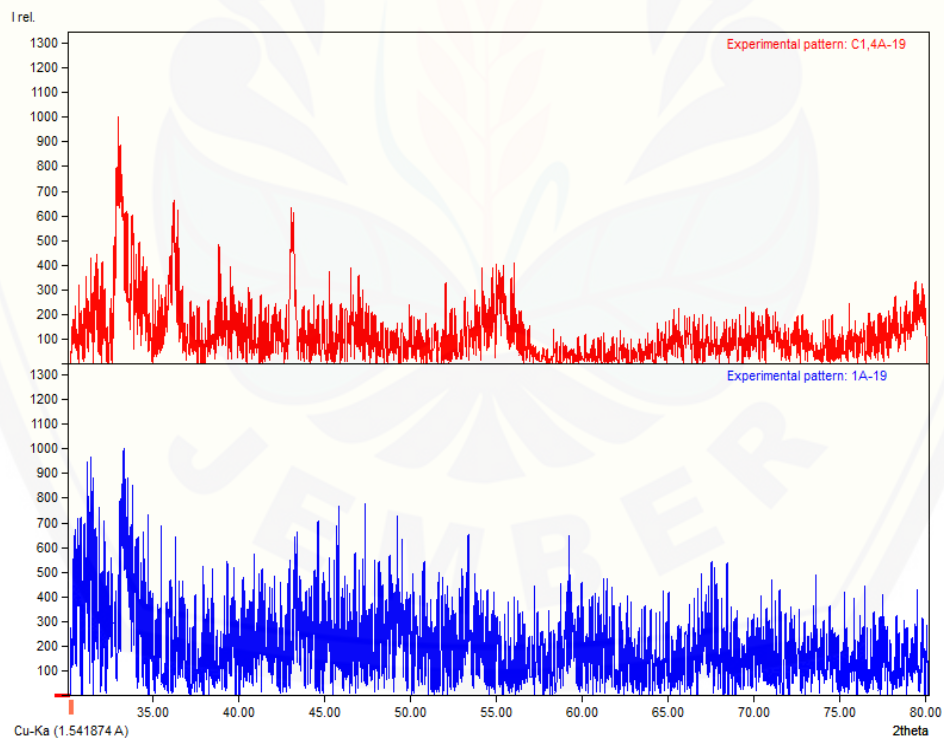
Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

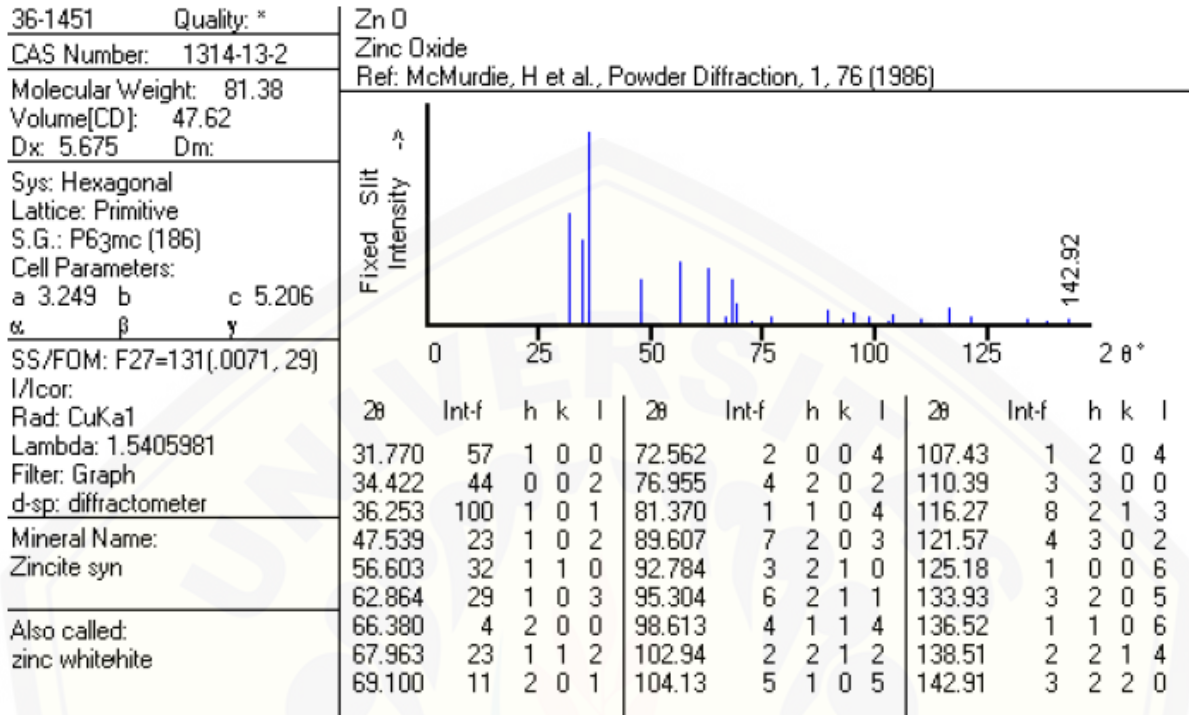
- File name = C1,4A-19.rd
- Modification time = "6/18/2019 9:12:15 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Hasil XRD untuk variasi arus 1,0 dan 1,2 yang telah di *subtract* background.

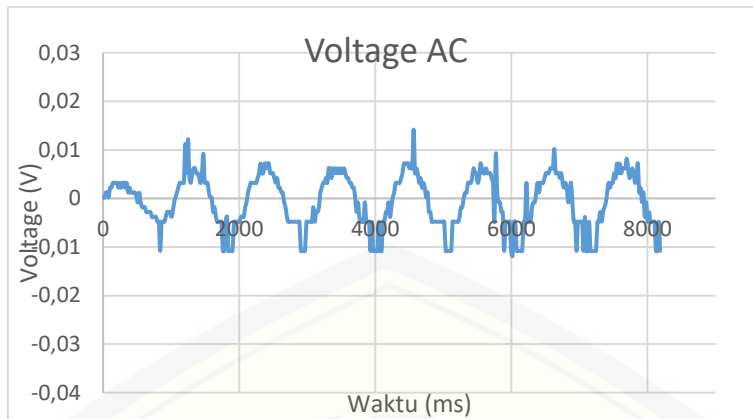


Lampiran 5

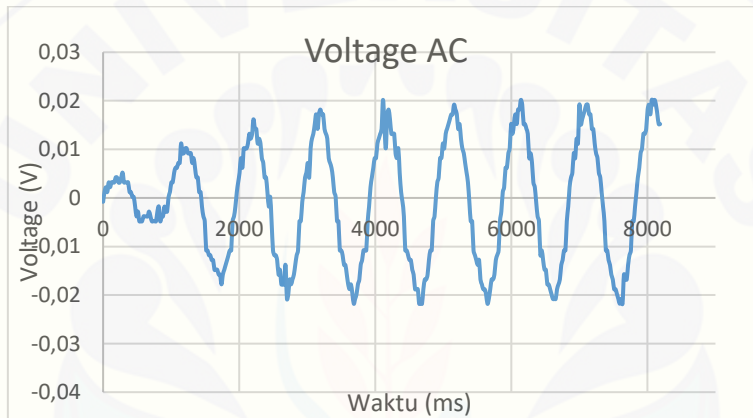
JCPDS-ICDD



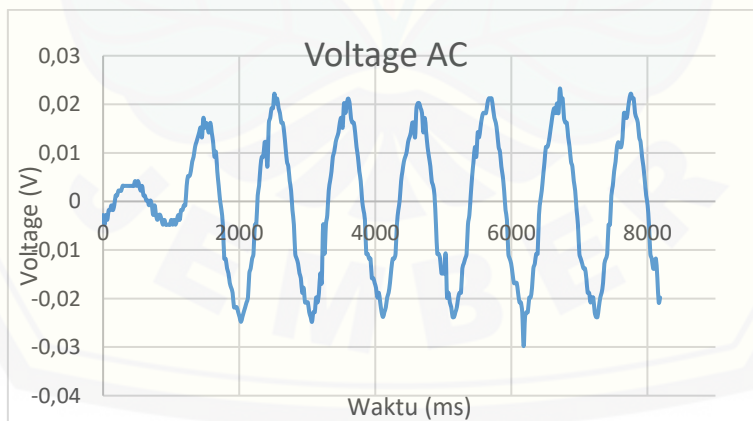
Lampiran 6 Tegangan Output Lapisan ZnO pada Serat Karbon Sebagai Sensor Denyut Nadi dengan Prekursor 1,0 g/50mL



Variasi arus 0,8 A

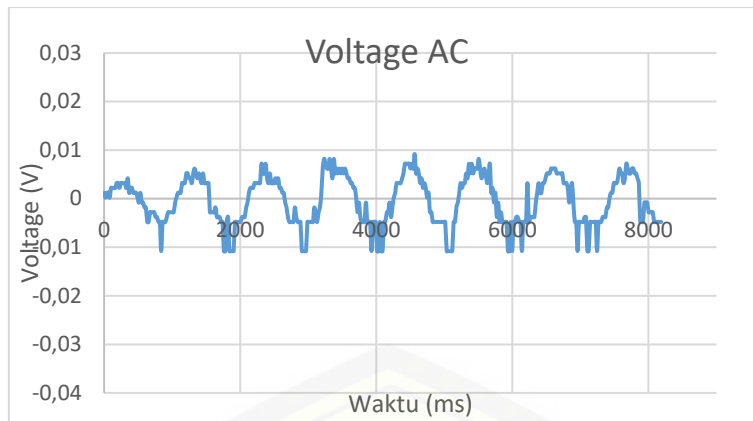


Variasi arus 1,0 A

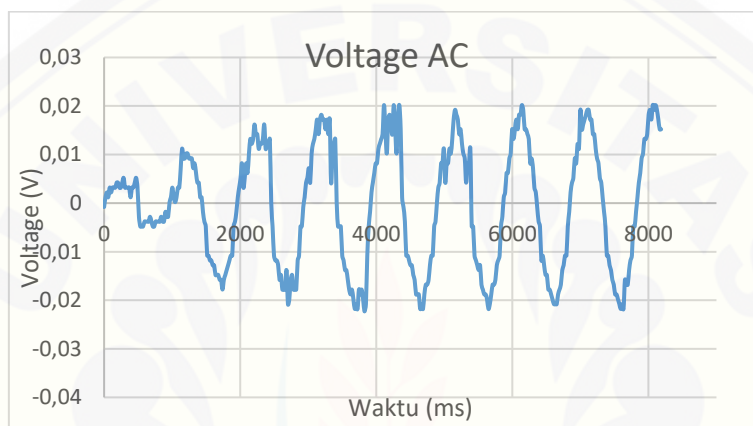


Variasi arus 1,2 A

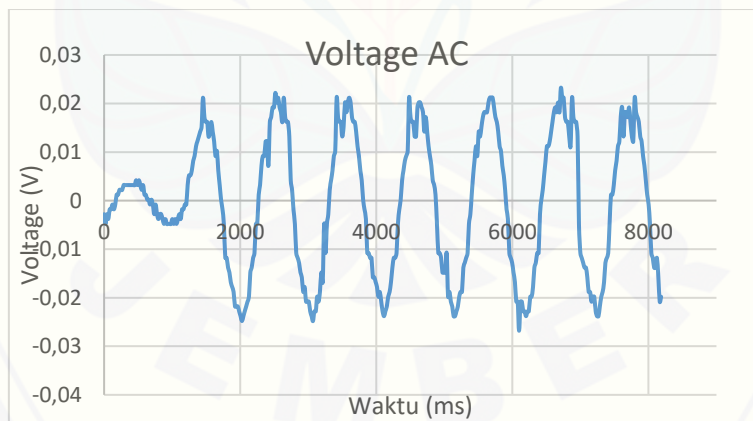
Grafik tegangan output sensor denyut nadi pengulangan 1



Variasi arus 0,8 A

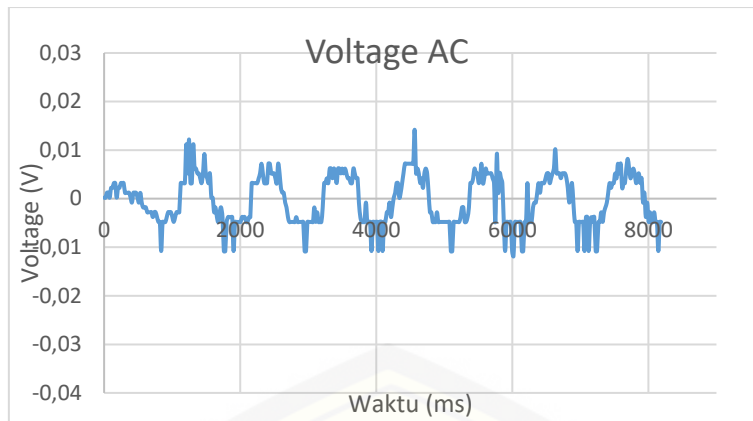


Variasi arus 1,0 A

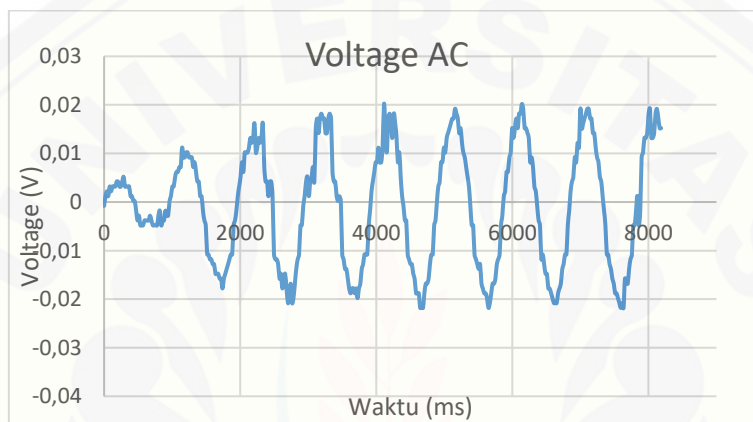


Variasi arus 1,2 A

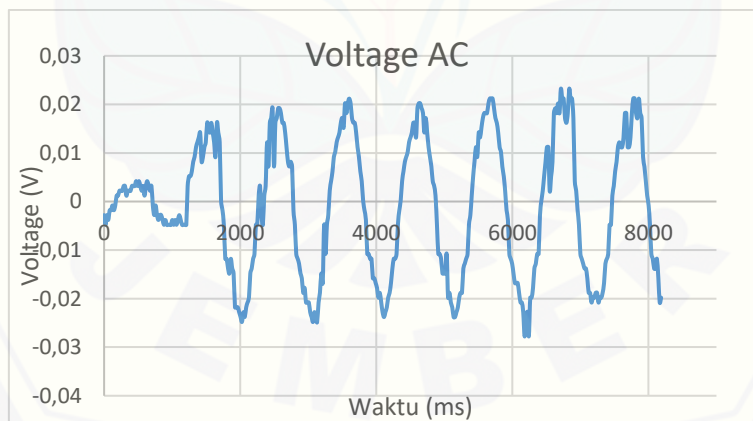
Grafik tegangan output sensor denyut nadi pengulangan 2



Variasi arus 0,8 A



Variasi arus 1,0 A



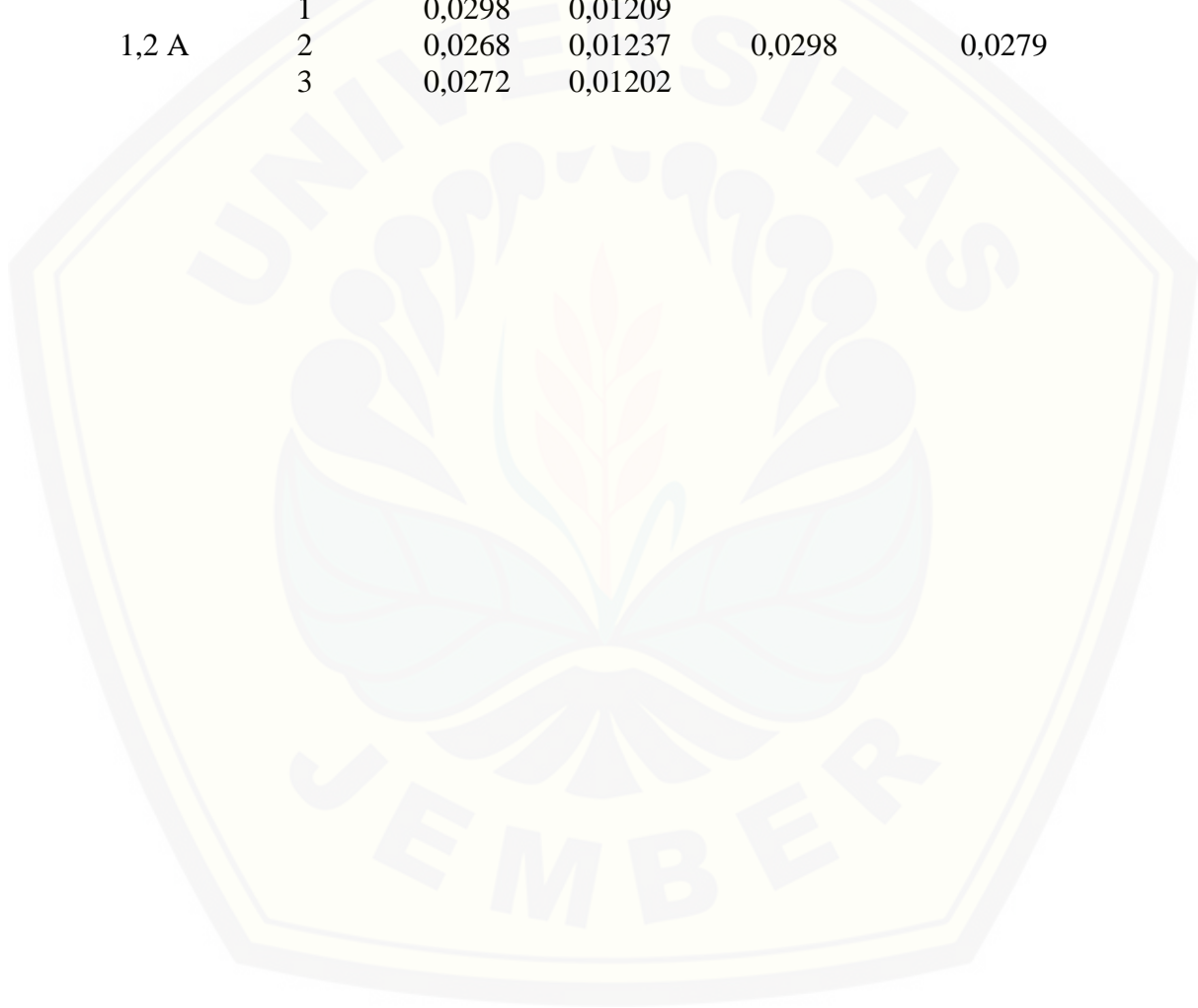
Variasi arus 1,2 A

Grafik tegangan output sensor denyut nadi pengulangan 3

Lampiran 7 Data Tegangan Maksimum dan Tegangan Rata-rata

Tabel 6.1. Rata rata tegangan output dan frekuensi dari total pengulangan percobaan *bluff body* di kecepatan angin berbeda

Sampel (A)	Perulangan	Tegangan Max (V)	Tegangan Rata-rata (V)	Tegangan Max Total (V)	Tegangan Rata-rata Total (V)
0,8 A	1	0,0142	0,00462	0,0122	0,0124
	2	0,0108	0,00433		
	3	0,0122	0,00439		
1 A	1	0,0218	0,01065	0,0233	0,0217
	2	0,0223	0,01095		
	3	0,0212	0,01056		
1,2 A	1	0,0298	0,01209	0,0298	0,0279
	2	0,0268	0,01237		
	3	0,0272	0,01202		



Lampiran 8 Tegangan variasi 0,8

Tabel 6.2. Hasil pengujian sensor denyut nadi untuk variasi 0,8 A

Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)	Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)
595	12178	0,0002	636	13017	-0,0108
596	12198	0,0002	637	13037	-0,0048
597	12219	0,0012	638	13058	-0,0048
598	12239	0,0012	639	13078	-0,0048
599	12260	0,0002	640	13099	-0,0038
600	12280	0,0022	641	13119	-0,0028
601	12301	0,0022	642	13140	-0,0028
602	12321	0,0032	643	13160	-0,0028
603	12341	0,0032	644	13181	-0,0038
604	12362	0,0032	645	13201	-0,0028
605	12382	0,0032	646	13222	-0,0008
606	12403	0,0022	647	13242	0,0002
607	12423	0,0032	648	13262	0,0012
608	12444	0,0022	649	13283	0,0022
609	12464	0,0032	650	13303	0,0032
610	12485	0,0032	651	13324	0,0032
611	12505	0,0022	652	13344	0,0032
612	12526	0,0032	653	13365	0,0032
613	12546	0,0012	654	13385	0,0112
614	12567	0,0022	655	13406	0,0052
615	12587	0,0012	656	13426	0,0122
616	12608	0,0012	657	13447	0,0042
617	12628	0,0012	658	13467	0,0032
618	12648	0,0012	659	13488	0,0052
619	12669	0,0002	660	13508	0,0062
620	12689	-0,0008	661	13529	0,0062
621	12710	0,0012	662	13549	0,0052
622	12730	-0,0008	663	13569	0,0052
623	12751	-0,0018	664	13590	0,0042
624	12771	-0,0018	665	13610	0,0032
625	12792	-0,0018	666	13631	0,0052
626	12812	-0,0028	667	13651	0,0092
627	12833	-0,0028	668	13672	0,0032
628	12853	-0,0028	669	13692	0,0032
629	12874	-0,0028	670	13713	0,0032
630	12894	-0,0038	671	13733	0,0012
631	12915	-0,0038	672	13754	0,0002
632	12935	-0,0038	673	13774	0,0002
633	12955	-0,0038	674	13795	-0,0028
634	12976	-0,0048	675	13815	-0,0018
635	12996	-0,0048	676	13836	-0,0038

Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)	Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)
677	13856	-0,0048	721	14757	0,0022
678	13876	-0,0048	722	14777	0,0022
679	13897	-0,0048	723	14797	0,0012
680	13917	-0,0048	724	14818	0,0012
681	13938	-0,0108	725	14838	-0,0008
682	13958	-0,0108	726	14859	-0,0018
683	13979	-0,0048	727	14879	-0,0038
684	13999	-0,0038	728	14900	-0,0048
685	14020	-0,0108	729	14920	-0,0048
686	14040	-0,0108	730	14941	-0,0048
687	14061	-0,0108	731	14961	-0,0048
688	14081	-0,0108	732	14982	-0,0048
689	14102	-0,0048	733	15002	-0,0048
690	14122	-0,0048	734	15023	-0,0048
691	14143	-0,0048	735	15043	-0,0048
692	14163	-0,0048	736	15064	-0,0048
693	14183	-0,0048	737	15084	-0,0108
694	14204	-0,0038	738	15104	-0,0108
695	14224	-0,0038	739	15125	-0,0108
696	14245	-0,0038	740	15145	-0,0108
697	14265	-0,0018	741	15166	-0,0048
698	14286	-0,0008	742	15186	-0,0048
699	14306	0,0012	743	15207	-0,0048
700	14327	0,0022	744	15227	-0,0048
701	14347	0,0032	745	15248	-0,0048
702	14368	0,0032	746	15268	-0,0018
703	14388	0,0032	747	15289	-0,0048
704	14409	0,0032	748	15309	-0,0028
705	14429	0,0032	749	15330	-0,0028
706	14450	0,0042	750	15350	-0,0018
707	14470	0,0052	751	15371	0,0012
708	14490	0,0072	752	15391	0,0022
709	14511	0,0052	753	15411	0,0032
710	14531	0,0052	754	15432	0,0032
711	14552	0,0072	755	15452	0,0042
712	14572	0,0062	756	15473	0,0032
713	14593	0,0072	757	15493	0,0062
714	14613	0,0072	758	15514	0,0062
715	14634	0,0052	759	15534	0,0042
716	14654	0,0052	760	15555	0,0062
717	14675	0,0052	761	15575	0,0052
718	14695	0,0042	762	15596	0,0062
719	14716	0,0032	763	15616	0,0052
720	14736	0,0042	764	15637	0,0062

Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)	Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)
765	15657	0,0052	809	16558	0,0042
766	15678	0,0062	810	16578	0,0052
767	15698	0,0052	811	16599	0,0072
768	15718	0,0062	812	16619	0,0072
769	15739	0,0052	813	16639	0,0072
770	15759	0,0042	814	16660	0,0072
771	15780	0,0042	815	16680	0,0062
772	15800	0,0032	816	16701	0,0072
773	15821	0,0032	817	16721	0,0062
774	15841	0,0022	818	16742	0,0142
775	15862	0,0022	819	16762	0,0052
776	15882	0,0002	820	16783	0,0062
777	15903	-0,0028	821	16803	0,0052
778	15923	-0,0008	822	16824	0,0032
779	15944	-0,0038	823	16844	0,0042
780	15964	-0,0048	824	16865	0,0022
781	15985	-0,0048	825	16885	0,0032
782	16005	-0,0048	826	16906	0,0022
783	16025	-0,0008	827	16926	0,0002
784	16046	-0,0048	828	16946	0,0012
785	16066	-0,0048	829	16967	-0,0028
786	16087	-0,0048	830	16987	-0,0028
787	16107	-0,0108	831	17008	-0,0048
788	16128	-0,0048	832	17028	-0,0048
789	16148	-0,0108	833	17049	-0,0048
790	16169	-0,0108	834	17069	-0,0048
791	16189	-0,0108	835	17090	-0,0048
792	16210	-0,0108	836	17110	-0,0048
793	16230	-0,0048	837	17131	-0,0048
794	16251	-0,0108	838	17151	-0,0048
795	16271	-0,0108	839	17172	-0,0048
796	16292	-0,0048	840	17192	-0,0048
797	16312	-0,0048	841	17213	-0,0108
798	16332	-0,0028	842	17233	-0,0108
799	16353	-0,0028	843	17253	-0,0108
800	16373	-0,0008	844	17274	-0,0108
801	16394	-0,0038	845	17294	-0,0108
802	16414	-0,0018	846	17315	-0,0048
803	16435	0,0002	847	17335	-0,0048
804	16455	0,0012	848	17356	-0,0048
805	16476	0,0032	849	17376	-0,0048
806	16496	0,0032	850	17397	-0,0048
807	16517	0,0032	851	17417	-0,0038
808	16537	0,0032	852	17438	-0,0018

Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)	Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)
853	17458	-0,0018	897	18359	-0,0048
854	17479	0,0002	898	18379	-0,0048
855	17499	0,0012	899	18400	0,0032
856	17520	0,0012	900	18420	-0,0048
857	17540	0,0032	901	18441	-0,0038
858	17560	0,0032	902	18461	-0,0048
859	17581	0,0032	903	18481	-0,0018
860	17601	0,0042	904	18502	-0,0008
861	17622	0,0062	905	18522	-0,0008
862	17642	0,0052	906	18543	0,0012
863	17663	0,0052	907	18563	0,0032
864	17683	0,0032	908	18584	0,0012
865	17704	0,0042	909	18604	0,0032
866	17724	0,0072	910	18625	0,0032
867	17745	0,0062	911	18645	0,0032
868	17765	0,0052	912	18666	0,0042
869	17786	0,0052	913	18686	0,0052
870	17806	0,0062	914	18707	0,0052
871	17827	0,0052	915	18727	0,0052
872	17847	0,0052	916	18748	0,0062
873	17867	0,0052	917	18768	0,0062
874	17888	0,0042	918	18788	0,0062
875	17908	0,0032	919	18809	0,0102
876	17929	-0,0048	920	18829	0,0052
877	17949	0,0092	921	18850	0,0052
878	17970	0,0012	922	18870	0,0052
879	17990	-0,0008	923	18891	0,0042
880	18011	-0,0008	924	18911	0,0052
881	18031	-0,0028	925	18932	0,0032
882	18052	-0,0028	926	18952	0,0022
883	18072	-0,0108	927	18973	0,0032
884	18093	-0,0048	928	18993	0,0022
885	18113	-0,0048	929	19014	-0,0008
886	18134	-0,0048	930	19034	0,0012
887	18154	-0,0048	931	19055	0,0032
888	18174	-0,0108	932	19075	-0,0008
889	18195	-0,0118	933	19095	-0,0048
890	18215	-0,0048	934	19116	-0,0048
891	18236	-0,0048	935	19136	-0,0108
892	18256	-0,0108	936	19157	-0,0048
893	18277	-0,0108	937	19177	-0,0048
894	18297	-0,0108	938	19198	-0,0048
895	18318	-0,0108	939	19218	-0,0048
896	18338	-0,0108	940	19239	-0,0108

Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)	Sampel (ke-n)	Waktu (ms)	Tegangan (V)
941	19259	-0,0038	984	20139	-0,0038
942	19280	-0,0108	985	20160	-0,0008
943	19300	-0,0108	986	20180	-0,0048
944	19321	-0,0048	987	20201	-0,0028
945	19341	-0,0108	988	20221	-0,0048
946	19362	-0,0108	989	20242	-0,0048
947	19382	-0,0108	990	20262	-0,0048
948	19402	-0,0108	991	20283	-0,0048
949	19423	-0,0108	992	20303	-0,0108
950	19443	-0,0048	993	20323	-0,0108
951	19464	-0,0048	994	20344	-0,0048
952	19484	-0,0028	995	20364	-0,0108
953	19505	-0,0048	996	20385	-0,0108
954	19525	-0,0028	997	20405	-0,0108
955	19546	-0,0018	998	20426	-0,0118
956	19566	-0,0008	999	20446	-0,0118
957	19587	0,0012	1000	20467	-0,0108
958	19607	0,0032			
959	19628	0,0022			
960	19648	0,0032			
961	19669	0,0032			
962	19689	0,0052			
963	19709	0,0042			
964	19730	0,0072			
965	19750	0,0052			
966	19771	0,0072			
967	19791	0,0052			
968	19812	0,0062			
969	19832	0,0062			
970	19853	0,0062			
971	19873	0,0082			
972	19894	0,0062			
973	19914	0,0042			
974	19935	0,0052			
975	19955	0,0062			
976	19976	0,0052			
977	19996	0,0032			
978	20016	0,0042			
979	20037	0,0072			
980	20057	0,0012			
981	20078	0,0022			
982	20098	-0,0008			
983	20119	0,0012			