

**KARAKTERISASI SUPERKAPASITOR MELALUI  
SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
DAN FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY**



Oleh :

**STEPANUS**

**NIM : 1605190002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA  
2018**

**KARAKTERISASI SUPERKAPASITOR MELALUI  
SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
DAN FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY**



**Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan guna  
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro (M.TE)**

**STEPANUS  
NIM : 1605190002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA  
2018**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Stepanus  
NIM : 1605190002  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul : KARAKTERISASI SUPERKAPASITOR MELALUI SCANNING  
ELECTRON MICROSCOPE DAN FOURIER TRANSFORM  
INFRARED SPECTROSCOPY

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutib dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Jakarta, 23 Juli 2018



Stepanus



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

Lembar Persetujuan dan Pengarsipan  
Ke Perpustakaan Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Magister Teknik Elektro


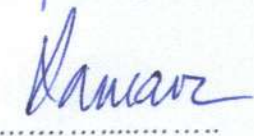
Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D.




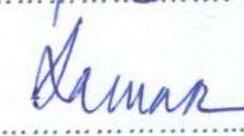



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

**PERSETUJUAN KOMISI PEMBIMBING**

<b>N A M A</b>	<b>TANGGAL</b>	<b>TANDA TANGAN</b>
1. Dr. Ir. Nes Yandri Kahar, MS Pembimbing 1	<u>24-08-18</u>	
2. Dr. Ir. Qamaruzzaman, MT Pembimbing 2	<u>24-08-18</u>	

**PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI**

<b>N A M A</b>	<b>TANGGAL</b>	<b>TANDA TANGAN</b>
1. Dr. Ir. Nes Yandri Kahar, MS	<u>24-08-18</u>	
2. Dr. Ir. Qamaruzzaman, MT	<u>24-08-18</u>	
3. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D.	<u>24-08-18</u>	

Tanggal Lulus : 23 Juli 2018

Nomor Induk Mahasiswa : 1605190002

## **KATA PENGANTAR**

Segala syukur dan puji hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul “Karakterisasi Superkapasitor Melalui Scanning Electron Microscope Dan Fourier Transform Infrared Spectroscopy”. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan karena menyadari segala keterbatasan yang ada. Untuk itu demi sempurnanya tesis ini, penulis sangat membutuhkan dukungan dan sumbangsih pikiran yang berupa kritik dan saran yang bersifat membangun.

Tesis ini penulis persembahkan kepada istri (Drg. Anastasia Monica) yang telah tulus ikhlas memberikan kasih sayang, cinta, doa, perhatian, dukungan moral yang telah diberikan selama ini.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D., sebagai Kepala Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia.
2. Dr. Ir. Nes Yandri Kahar, MS., selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya, mengoreksi, memberi masukan dan arahan untuk membimbing penulis.
3. Dr. Ir. Qamaruzzaman, MT., selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya, mengoreksi, memberi masukan dan arahan untuk membimbing penulis.
4. Dosen-dosen atas ilmunya yang telah diberikan selama perkuliahan.
5. Ir. Setiawan Djogan sebagai pemberi dana beasiswa, kiranya Tuhan yang selalu memberkati bisnisnya.
6. Ir. Nana Heryana, S.T. IPM., dan teman-teman mahasiswa MTE yang selalu mendukung dan memberi semangat.

7. Mas Dwi, Danu, Operator laboratorium (Teknik Elektro UKI, Teknik Mesin UKI, Kimia ITB, dan Kimia UI) yang telah membantu dalam penelitian.
8. Keluarga besar penulis tanpa terkecuali yang telah mendukung dan mendoakan selama ini.
9. For Holy Spirit, sumber segala ilham selama penulisan ini, sumber pengetahuan utama, sumber inspirasi, sumber kekuatan, sumber sukacita, kepada Dia, Yesus, dan Allah Bapa di Surga, the Only Wise God, kemuliaan selama-lamanya.

Kiranya tesis ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembaca.

Jakarta, Juli 2018

PENULIS

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
<b>BAB I        PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II        LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Superkapasitor.....	7
2.2 Definisi Kapasitansi.....	8
2.3 Prinsip Kerja Superkapasitor.....	9
2.4 CV (Cyclic Voltammetry) .....	10
2.5 SEM (Scanning Electron Microscopy) .....	12
2.6 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy).....	13
<b>BAB III        METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	17
3.3 Bahan Dan Alat.....	17
3.4 Metoda Penelitian Sampel Dengan Arduino.....	18
3.5 Metoda Penelitian Sampel Dengan CV.....	20
3.6 Metoda Penelitian Sampel Dengan SEM.....	21



	3.7 Metoda Penelitian Sampel Dengan FTIR.....	22
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL UJI DAN ANALISA</b>	
	4.1 Analisis Pengukuran Superkapasitor Dengan Arduino.....	24
	4.1.1 Hasil Arduino Saat Pengisian Dan Pengosongan Sampel 1.....	24
	4.1.2 Hasil Arduino Saat Pengisian Dan Pengosongan Sampel 2.....	26
	4.1.3 Hasil Arduino Saat Pengisian Dan Pengosongan Sampel 3.....	29
	4.3 Analisis Pengukuran Superkapasitor Dengan CV.....	31
	4.3 Analisis Pengukuran Superkapasitor Dengan SEM.....	34
	4.4 Analisis Pengukuran Superkapasitor Dengan FTIR.....	37
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	
	5.1 Kesimpulan.....	40
	5.2 Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		41

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Posisi serapan inframerah terhadap energi vibrasinya.....	16
4.1	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengisian Sampel 1.....	24
4.2	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengosongan Sampel 1..	25
4.3	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengisian Sampel 2.....	26
4.4	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengosongan Sampel 2..	27
4.5	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengisian Sampel 3.....	29
4.6	Nilai R Dan Koefisien Persamaan Tegangan Pengosongan Sampel 3...	29
4.7	Perhitungan Kapasitansi Spesifik ( $C_{sp}$ ) Hasil Pengujian CV Di <i>Software</i> Origin Pro dengan tiga sampel.....	33
4.8	Perhitungan Diameter Partikel Hasil Pengujian SEM Di <i>Software</i> Origin Pro Dengan Tiga Sampel.....	36
4.9	Hasil Analisa Gugus Fungsi Daerah Serapan Bilangan Gelombang FTIR Dengan Tiga Sampel.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Perbandingan Antara Baterai Li-thium Dengan Superkapasitor.....	2
2.1 Susunan Prototype Superkapasitor.....	7
2.2 Skema Sel Voltammetri.....	11
2.3 Skema SEM.....	12
3.1 Skema Peralatan Pengujian <i>Prototype</i> Superkapasitor.....	19
4.1 Grafik Tegangan Sampel 1 Terhadap Waktu (a) Pengisian (b) Pengosongan.....	26
4.2 Grafik Tegangan Sampel 2 Terhadap Waktu (a) Pengisian (b) Pengosongan.....	28
4.3 Grafik Tegangan Sampel 3 Terhadap Waktu (a) Pengisian (b) Pengosongan.....	30
4.4 Voltammogram siklik menggunakan elektroda kerja emas cakram, dengan <i>scan rate</i> 100 mV/detik.....	31
4.5 Voltammogram siklik menggunakan elektroda kerja sampel 1.....	31
4.6 Voltammogram siklik menggunakan elektroda kerja sampel 2.....	32
4.7 Voltammogram siklik menggunakan elektroda kerja sampel 3.....	32
4.8 Struktur Morfologi Sampel 1 Dengan Perbesaran 10K.....	34
4.9 Struktur Morfologi Sampel 2 Dengan Perbesaran 10K.....	35
4.10 Struktur Morfologi Sampel 3 Dengan Perbesaran 10K.....	36
4.11 Spektrum IR Pada Sampel 1.....	37
4.12 Spektrum IR Pada Sampel 2.....	37
4.13 Spektrum IR Pada Sampel 3.....	38