

***DEEP LEARNING BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL  
NETWORK UNTUK PENGENALAN POLA PARTIAL  
DISCHARGE DARI BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER***



**OLEH :**

**FERLIAN SEFTIANTO  
09012682125016**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
TAHUN 2023**

***DEEP LEARNING BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENGENALAN POLA PARTIAL DISCHARGE DARI BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER***

**TESIS**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister Ilmu Komputer**



**OLEH :**

**FERLIAN SEFTIANTO  
09012682125016**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
TAHUN 2023**

**LEMBARAN PENGESAHAN**

***DEEP LEARNING BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENGENALAN POLA PARTIAL DISCHARGE DARI BAHAN ISOLASI SILICONE RUBBER***

**TESIS**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister

**OLEH :**

**FERLIAN SEFTIANTO**  
**09012682125016**

**Palembang, Juli 2023**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D.**  
**NIP. 195903031985031004**



**Dr. Ir. Sukemi, M.T.**  
**NIP. 196612032006041001**

**Mengetahui,**

**Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer**



**Hadipurnawan Satria, Ph.D.**  
**NIP. 198004182020121001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari senin tanggal 31 Juli 2023 telah dilaksanakan ujian sidang tesis oleh Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Ferlian Seftianto

NIM : 09012682125016

Judul : *Deep Learning* Berbasis *Convolutional Neural Network* untuk Pengenalan Pola *Partial Discharge* Dari Bahan Isolasi *Silicone Rubber*

1. Pembimbing I

Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D.  
NIP. 195903031985031004



2. Pembimbing II

Dr. Ir. Sukemi, M.T.  
NIP. 196612032006041001



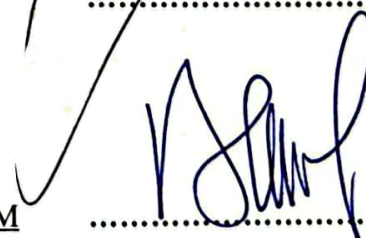
3. Penguji I

Dr. Ali Ibrahim, S.Kom., M.T.  
NIP. 198407212019031004



4. Penguji II

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM  
NIP. 197502112003121002



Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer



Hadipurnawan Satria, Ph.D.  
NIP. 198004182020121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ferlian Seftianto  
NIM : 09012682125016  
Program Studi : Magister Ilmu Komputer  
Judul Tesis : *Deep Learning* Berbasis *Convolutional Neural Network*  
untuk Pengenalan Pola *Partial Discharge* Dari Bahan  
Isolasi *Silicone Rubber*

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 15 %

Menyatakan bahwa laporan tesis saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, Juli 2023



Ferlian Seftianto  
NIM. 09012682125016

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhana wa ta'ala, yang telah mengaruniakan Rahmat, hidayah dan memberikan kesempatan bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis dan menyusun laporan tesis yang berjudul **“Deep Learning Berbasis Convolutional Neural Network untuk Pengenalan Pola Partial Discharge Dari Bahan Isolasi Silicone Rubber”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar magister pada Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak telah membantu, memberikan dukungan serta bimbingan dalam penyelesaian tesis ini, diantaranya:

1. Kedua orangtuaku Bapak Ferieanto dan Ibu Elly Setyaningsih serta Adik Ferinda Intan Febriani yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi, doa, restu dan bantuan.
2. Bapak Hadipurnawan Satria, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer.
3. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku pemimbing yang terus membimbing, membantu dan meluangkan waktu dalam proses penyelesaian tesis ini.
4. Ibu Dr. Ermatita, M.Kom. selaku ketua sidang.
5. Bapak Dr. Ali Ibrahim, S.Kom., M.T. dan Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM selaku penguji.
6. Semua Dosen dan Staff Magister Ilmu Komputer yang telah melimpahkan ilmunya kepada penulis selama proses belajar mengajar.
7. Semua rekan Magister Ilmu Komputer atas bantuannya.
8. Semua rekan Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas bantuan dan dukungannya

Palembang, Juli 2023

Penulis

# **DEEP LEARNING BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR PARTIAL DISCHARGE PATTERN RECOGNITION FROM SILICONE RUBBER ISOLATION MATERIAL**

**Ferlian Seftianto (09012682125016)**

Dept. of Master Computer Science, Computer Science, Sriwijaya University

Email: ferlian37@gmail.com

## **ABSTRACT**

Partial discharge (PD) activity measurements have been carried out by selecting noise signals (de-noising) using Support Vector Machine (SVM) and then recognized using Convolutional Neural Network (CNN). CNN testing was carried out using various models such as activation methods: Sigmoid, Softmax, Relu, Tanh, Swish. Number of layers used is 1, 2, 3, 4 with filter sizes of 32, 64, 128, 256 and kernel sizes 3x3, 2x2, 1x1, 1x2, 1x3 in the MaxPooling and AveragePooling pooling methods. The results obtained, On sigmoid method the MaxPooling and AveragePooling with 1 layers having a low accuracy around 14.40% but the other layers configurations gets a high accuracy around 98.99% both has been done with or without de-noising. In Softmax activation method, MaxPooling pooling method has an accuracy around 84.94% and has de-noising 90.66%. The AveragePooling pooling method has an accuracy 65.25% and around 75.29% with de-noised. The result shows that SVM de-noising increases the accuracy around 11.12% in the Softmax activation method. In the Tanh, Relu, and Swish activation methods, a low level of accuracy is obtained with an average of 14.40%, and SVM de-noising doesn't increase the accuracy, so CNN-based deep learning with SVM de-noising is more suitable using the Sigmoid and Softmax.

**Keywords:** Partial Discharge, De-noising, Pattern Recognition, CNN, SVM

***DEEP LEARNING BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK  
UNTUK PENGENALAN POLA PARTIAL DISCHARGE DARI BAHAN  
ISOLASI SILICONE RUBBER***

**Ferlian Seftianto (09012682125016)**

Jurusan Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya  
Email: ferlian37@gmail.com

**ABSTRAK**

Pengukuran aktifitas *partial discharge* (PD) telah dilakukan dengan menseleksi sinyal *noise* (*de-noising*) menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) lalu dilakukan pengenalan pola PD dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Pengujian CNN dilakukan dengan berbagai model seperti metode aktivasi: Sigmoid, Softmax, Relu, Tanh, dan Swish. Jumlah layer 1, 2, 3, 4 dengan ukuran *filter* masing-masing 32, 64, 128, 256 serta *kernel size* 3x3, 2x2, 1x1, 1x2, 1x3 pada metode pooling MaxPooling dan AveragePooling. Hasil pengujian telah didapat yaitu pada metode Sigmoid metode pooling MaxPooling dan AveragePooling dengan jumlah layer 1 memiliki tingkat akurasi rendah yaitu sekitar 14,40% akan tetapi pada jumlah layer lain mendapatkan nilai akurasi tinggi yaitu sekitar 98,99% baik yang telah dilakukan *de-noising* ataupun belum. Pada metode aktivasi Softmax metode pooling MaxPooling memiliki tingkat akurasi sekitar 84,94% dan yang telah *de-noising* 90,66%. Metode pooling AveragePoolingnya memiliki tingkat akurasi 65,25% dan yang telah *dide-noising* sekitar 75,29% hasil ini menunjukkan bahwa *de-noising* SVM meningkatkan tingkat akurasi sekitar 11,12% pada metode aktivasi Softmax. Pada metode aktivasi Tanh, Relu, dan Swish didapatkan tingkat akurasi yang rendah dengan rata-rata 14.40%, dan *de-noising* SVM tidak meningkatkan tingkat akurasi pengenalan polanya, maka *deeplearning* berbasis CNN dengan *de-noising* SVM lebih cocok menggunakan metode aktivasi Sigmoid dan Softmax.

**Kata Kunci:** Partial Discharge, De-Noising, Pengenalan Pola, CNN, SVM



## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembaran Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Lembar Pernyataan	iv
Kata Pengantar	v
Abstract	vi
Abstrak	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Isolator	5
2.2. Isolasi Polimer	6
2.3. <i>Silicone Rubber</i>	8
2.4. <i>Partial Discharge</i>	10
2.5. Pengukuran <i>Partial Discharge</i>	14
2.5.1. Metode Tidak Langsung	15
2.5.2. Metode Langsung	16
2.6. Cigre Method	18
2.7. <i>Machine Learning</i>	19
2.8. <i>Supervised Learning</i>	21
2.9. <i>Unsupervised Learning</i>	25
2.10. <i>Support Vector Machine</i>	29

2.11. <i>Convolutional Neural Network</i>	30
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Kerangka Kerja Penelitian	36
3.2. Pengujian, Sampel Dan Elektroda	38
3.2.1. Material Isolasi Sampel	38
3.2.2. Sistem Elektroda	38
3.2.3. Pembangkit Tegangan Tinggi Bolak-Balik	41
3.2.4. Alat Ukur Dan Peralatan Bantu Lainnya	41
3.3. Eksperimental Setup	43
3.3.1. Rangkaian Pengujian	43
3.3.2. Prinsip Kerja Rangkaian	45
3.3.3. Prosedur Pengujian	46
3.4. Persiapan Data	47
3.5. Preprocessing Data	49
3.6. Klasifikasi Menggunakan Metode CNN	50
3.7. Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 4	51
3.8. Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 3	51
3.9. Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 2	52
3.10. Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 1	52
3.11. Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 4	53
3.12. Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 3	54
3.13. Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 2	54
3.14. Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 1	55
3.15. Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 4	55
3.16. Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 3	56
3.17. Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 2	56
3.18. Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 1	57
3.19. Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 4	58
3.20. Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 3	58
3.21. Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 2	59
3.22. Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 1	59
3.23. Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 4	60

3.24. Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 3	61
3.25. Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 2	61
3.26. Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 1	62

#### BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Pengujian	63
4.2. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Sigmoid Pada Metode <i>Pooling Maxpooling</i>	63
4.3. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Sigmoid Pada Metode <i>Pooling Averagepooling</i>	64
4.4. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Softmax Pada Metode <i>Pooling Maxpooling</i>	65
4.5. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Softmax Pada Metode <i>Pooling Averagepooling</i>	66
4.6. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Tanh Pada Metode <i>Pooling Maxpooling</i>	67
4.7. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Tanh Pada Metode <i>Pooling Averagepooling</i>	68
4.8. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Relu Pada Metode <i>Pooling Maxpooling</i>	69
4.9. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Relu Pada Metode <i>Pooling Averagepooling</i>	70
4.10. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Swish Pada Metode <i>Pooling Maxpooling</i>	71
4.11. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Swish Pada Metode <i>Pooling Averagepooling</i>	72

#### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	74

#### DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Rantai <i>Silicone Rubber</i>	10
<b>Gambar 2.2</b> Pulsa PD	12
<b>Gambar 2.3</b> Mekanisme Peluahan Sebagian dan Bentuk Gelombang	13
<b>Gambar 2.4</b> Rangkaian Uji Kelistrikan Untuk Pengukuran PD. (A) Pengukuran Pada Kopling Kapasitor (B) Pengukuran Pada Benda Uji (C) Pengukuran <i>Bridge</i> Dengan Keduanya, Kapasitor Kopling dan Benda Uji	19
<b>Gambar 3.1</b> Kerangka Penelitian	39
<b>Gambar 3.2</b> Metodologi Penelitian	39
<b>Gambar 3.3</b> <i>Silicone Rubber Sheet</i>	40
<b>Gambar 3.4</b> Bentuk, Susunan, dan Dimensi Sistem Elektroda CM-II	41
<b>Gambar 3.5</b> Bola Stainless Ø5,49 mm	41
<b>Gambar 3.6</b> Elektroda Atas CM-II	42
<b>Gambar 3.7</b> Elektroda Piring ( <i>Disc Electrode</i> ) Ø 60 mm	42
<b>Gambar 3.8</b> Sistem Elektroda CM-II	42
<b>Gambar 3.9</b> Pembangkit Tegangan Tinggi AC	43
<b>Gambar 3.10</b> Picoscope PC <i>Oscilloscope</i> 4000 Series	44
<b>Gambar 3.11</b> HV Probe Tipe Tektronix P6015A	44
<b>Gambar 3.12</b> Tahanan Tinggi 185 K $\omega$	44
<b>Gambar 3.13</b> Pearson Current Monitor Tipe 411	45
<b>Gambar 3.14</b> PC Komputer	
<b>Gambar 3.15</b> Rangkaian Pengujian PD	46
<b>Gambar 3.16</b> Tampilan Hasil Data Picoscope	49
<b>Gambar 3.17</b> Penggalan Data CSV Dari Picoscope	50
<b>Gambar 3.18</b> Flowchart <i>Preprocessing</i> Menggunakan Metode SVM	51
<b>Gambar 3.10</b> Hasil <i>preprocessing</i> data menggunakan SVM	

<b>Gambar 3.20</b> Flowchart Klasifikasi CNN	52
<b>Gambar 4.1.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Sigmoid Pada Metode <i>Pooling MaxPooling</i>	63
<b>Gambar 4.2.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Sigmoid Pada Metode <i>Pooling AveragePooling</i>	64
<b>Gambar 4.3.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Softmax Pada Metode <i>Pooling MaxPooling</i>	65
<b>Gambar 4.4.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Softmax Pada Metode <i>Pooling AveragePooling</i>	66
<b>Gambar 4.5.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Tanh Pada Metode <i>Pooling MaxPooling</i>	67
<b>Gambar 4.6.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Tanh Pada Metode <i>Pooling AveragePooling</i>	68
<b>Gambar 4.7.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Relu Pada Metode <i>Pooling MaxPooling</i>	69
<b>Gambar 4.8.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Relu Pada Metode <i>Pooling AveragePooling</i>	70
<b>Gambar 4.9.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Swish Pada Metode <i>Pooling MaxPooling</i>	71
<b>Gambar 4.10.</b> Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan Metode Aktivasi Swish Pada Metode <i>Pooling AveragePooling</i>	72

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1</b> Polimer Sintesis	9
<b>Tabel 3.1</b> Penggalan data csv dari Picoscope	48
<b>Tabel 3.2</b> Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 4	53
<b>Tabel 3.3</b> Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 3	53
<b>Tabel 3.4</b> Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 2	54
<b>Tabel 3.5</b> Model CNN Metode Aktivasi Sigmoid Dengan Jumlah Layer 1	54
<b>Tabel 3.6</b> Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 4	55
<b>Tabel 3.7</b> Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 3	56
<b>Tabel 3.8</b> Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 2	56
<b>Tabel 3.9</b> Model CNN Metode Aktivasi Softmax Dengan Jumlah Layer 1	57
<b>Tabel 3.10</b> Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 4	57
<b>Tabel 3.11</b> Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 3	58
<b>Tabel 3.12</b> Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 2	58
<b>Tabel 3.13</b> Model CNN Metode Aktivasi Tanh Dengan Jumlah Layer 1	59
<b>Tabel 3.14</b> Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 4	59

<b>Tabel 3.15</b> Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 3	60
<b>Tabel 3.16</b> Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 2	61
<b>Tabel 3.17</b> Model CNN Metode Aktivasi Relu Dengan Jumlah Layer 1	61
<b>Tabel 3.18</b> Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 4	62
<b>Tabel 3.19</b> Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 3	62
<b>Tabel 3.20</b> Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 2	63
<b>Tabel 3.21</b> Model CNN Metode Aktivasi Swish Dengan Jumlah Layer 1	63

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Kualitas bahan isolasi listrik merupakan hal yang penting dalam peralatan tenaga listrik untuk menjaga sistem tenaga listrik tetap berjalan dengan baik, maka pemilihan bahan isolasi yang akan digunakan pada peralatan listrik sangat penting. Material polimer merupakan salah satu pilihan yang dapat diandalkan sebagai bahan isolasi listrik karena memiliki keunggulan sifat mekanik dan elektrik yang baik. *Silicone rubber* merupakan salah satu bahan polimer yang digunakan sebagai bahan isolasi listrik karena memiliki keunggulan kinerja yang lebih baik dalam mencegah terjadinya kegagalan isolasi dibandingkan dengan isolator keramik maupun isolator kaca (Nazir, Phung, and Hoffman 2016).

Indikator kinerja penyaluran energi listrik yang baik adalah rendahnya frekuensi terjadinya kegagalan isolasi (Pansini 2005). Salah satu penyebab terjadinya kegagalan isolasi yaitu sering terjadinya gangguan dalam penyaluran energi listrik (Pansini 2005). Kegagalan isolasi pada peralatan tegangan tinggi seperti pada isolasi kabel tenaga akan mengakibatkan isolasi tidak berfungsi dengan baik. Isolasi digunakan sebagai pemisah antara bagian bertegangan dan yang tidak bertegangan. Kegagalan fungsi isolasi ini mengakibatkan hubung singkat yang membuat sistem kelistrikan padam (*blackout*) dan penyaluran dayanya terhenti (Kuffel and Zaengl 2000).

Terhentinya penyaluran daya menimbulkan kerugian besar bagi penyedia jasa layanan bidang kelistrikan karena berkurangnya pendapatan oleh turunnya jumlah energi listrik yang terjual. Kegagalan dalam penyaluran energi listrik ini juga mengakibatkan kerugian di pihak konsumen, terutama konsumen industri, maka dari itu kualitas isolasi dalam sistem kelistrikan harus baik. Salah satu penyebab kegagalan isolasi berawal dari terjadinya peluahan sebagian (*partial discharge*). *Partial discharge* (PD) yang terjadi di dalam isolasi secara terus menerus berjalan dengan waktu akan berakhir kepada terjadinya tembus sempurna (*complete breakdown*) (Arora and Mosch 2011b).

PD adalah pelepasan muatan listrik yang terlokalisir pada isolator yang menjembatani *discharge* antara dua permukaan isolator atau konduktor yang



umumnya terjadi pada permukaan isolasi (Kuffel and Zaengl 2000; Putra, Negara, and Satriyadi 2015). Rongga (*void*) dimana PD dapat terjadi terbentuk karena kesalahan dalam proses produksi dari material isolasi. PD dalam rongga material isolasi terjadi apabila material isolasi tersebut terletak diantara dua beda potensial. Peluahan sebagian ini tidak sampai menjembatani pelepasan muatan listrik antara kedua elektroda secara sempurna. Apabila peluahan berlangsung secara terus menerus maka akan menimbulkan erosi pada permukaan rongga udara dari isolasi, sehingga rongga udara akan semakin besar dan membuat isolasi semakin menipis, yang mengakibatkan tegangan tembus material isolasi menjadi semakin rendah (Tobing 2017).

Pengukuran aktifitas PD merupakan metode yang banyak digunakan untuk mengetahui kerusakan isolasi secara dini agar tidak sampai merusak peralatan atau sistem secara keseluruhan. Teknik pengukuran PD dalam isolasi tenaga listrik terus dikembangkan hingga saat ini. Pengukuran ditujukan untuk mengetahui pola PD (*PD pattern*) yang terjadi pada suatu bahan isolasi, dengan mengetahui *PD pattern* pada suatu bahan isolasi, maka dapat mendiagnosa adanya cacat atau kerusakan pada isolasi tersebut sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah (Sitorus, Sinaga, and Jaenussolihin 2008).

Ada banyak metode untuk melakukan pendeteksian PD. Salah satunya yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) seperti pada penelitian (Zhiguo et.al. 2021) dan (Xiaosheng Peng et.al. 2019). Metode CNN sering digunakan karena kemampuan beradaptasi, kemampuan non linier, dan kemampuan pemrosesan paralel yang baik (Zhang et al. 2020).

Sinyal PD yang akan diproses diseleksi terlebih dahulu sinyal *noisinya* (*denoising*) untuk membedakan sinyal PD dan sinyal *noise* menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Metode SVM dipilih karena banyak digunakan dan memiliki performa stabil dalam pengenalan polanya (Peng et al. 2019; Zhou et al. 2019). Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibahas mengenai "Deep Learning Berbasis *Convolutional Neural Network* Untuk Pengenalan Pola *Partial Discharge* Dari Bahan Isolasi *Silicone Rubber*"

## 1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana cara pendeteksian *PD Pattern* untuk mendiagnosa adanya cacat atau kerusakan pada isolasi.
2. Bagaimana penggunaan SVM dalam memisahkan sinyal *noise* pada sinyal *partial discharge* untuk meningkatkan akurasi pendeteksian *partial discharge*.
3. Bagaimana penggunaan CNN untuk pendeteksian pola *partial discharge* yang cepat dan efisien.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Merancang sistem pengenalan pola *partial discharge*.
2. Mendapatkan akurasi pengenalan pola dengan metode *Convolutional Neural Network* pada bahan isolasi *silicone rubber*.
3. Untuk mempercepat proses perhitungan pola *partial discharge* pada bahan isolasi *silicone rubber*.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi penelitian di dalam bidang pengenalan pola *partial discharge* pada material isolasi.
2. Mempercepat waktu proses pengolahan data pola *partial discharge* dengan menggunakan metode *deep learning*.
3. Mengurangi *human error* pada saat pengolahan data pola *partial discharge*.
4. Mendapatkan sistem deteksi *partial discharge* berbasis *deep learning* dengan akurasi tinggi.

## 1.5. Batasan Masalah

Dataset penelitian ini menggunakan material isolasi SiR yang diberi tegangan AC berbentuk sinusoidal pada tegangan 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; dan 5 kV. Pengujian dilakukan pada temperatur ruang dengan menggunakan sistem elektroda *CIGRE*

*METHOD – II* (CM-II) yang ditempatkan pada bagian atas sampel uji. Penelitian dibatasi pada *de-noising* menggunakan metode SVM dan pengenalan pola menggunakan metode CNN.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini diuraikan sebagai berikut:

### 1. BAB I           PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II           TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan secara singkat mengenai teori isolasi, material isolasi jenis *silicone rubber*, *partial discharge*, pengukuran *partial discharge*, *cigre method II*, *machine learning*, *supervised & unsupervised learning*, *support vector machine*, dan *convolutional neural network*.

### 3. BAB III          METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan, penyiapan eksperimental setup untuk pengujian sampel dan menjelaskan tentang algoritma yang akan diterapkan pada penelitian ini.

### 4. BAB IV          HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang analisa dan pembahasan dari setiap blok diagram perencanaan rangkaian dan data-data hasil pengukuran.

### 5. BAB V           KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dan saran untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Arainy, A.A, Qureshi, M.I Malik, N. H. 2018. *Electrical Insulation in Power System*. ed. H. Lee Willis.
- Arora, Ravindra, and Wolfgang Mosch. 2011a. *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*.
- . 2011b. “Solid Dielectrics, Their Sources, Properties, and Behavior in Electric Fields.” In *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*, , 319–70.
- Becker, Fernando Gertum et al. 2015. *7 Syria Studies Foundations of Pulsed Power Technology*.
- Casele, M. Di Lorenzo del, R. Schifani, and J. T. Holboll. 2000. “Partial Discharge Tests Using CIGRE Method II.” *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* 7.
- Géron, Aurélien. 2019. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. 2nd editio. ed. Nicole Tache. Sebastopol: O’Reilly Media.
- Gunawan, Amanda Septania. 2019. “Karakteristik Tegangan Peluahan Isolasi Low Density Poltethylene (LDPE) Yang Diberi Kekasaran Permukaan.”
- Heri, J., Yuningtyastuti, and A. Syakur. 2012. “Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai).” *Transmisi* 14(1): 20–37.
- Jahan, Shamay. 2018. “Deep Indian Delicacy: Classification of Indian Food Images Using Convolutional Neural Networks.” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* 6(3): 2653–60.
- Kuffel, E., and W. S. Zaengl. 2000. *High Voltage Engineering Fundamentals*. 2nd ed.
- Lehr, Jane, and Pralhad Ron. 2018. *Foundations of Pulsed Power Technology*. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=7985006>.
- Müller, Andreas C, and Sarah Guido. 2017. *Introduction to Machine Learning with Python*. California, USA.: O’Reilly Media Inc.
- Nazir, M Tariq, B T Phung, and Mark Hoffman. 2016. “Performance of Silicone

- Rubber Composites with SiO<sub>2</sub> Micro/Nano-Filler under AC Corona Discharge.” *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* 23(5): 2804–15.
- Nazki, Haseeb. 2021. “Unsupervised Image Translation Using Cycle Consistent GANs for Improved Unsupervised Image Translation Using Cycle Consistent GANs for Improved Tomato Plant Disease Recognition.” (December 2018).
- Noeman, A., and D. Handayani. 2020. “Detection of Mad Lazim Harfi Musyba Images Uses Convolutional Neural Network.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 771(1).
- Nofriani, Nfn. 2019. “Comparations of Supervised Machine Learning Techniques in Predicting the Classification of the Household’s Welfare Status.” *Journal Pekommas* 4(1): 43.
- Oktapiansyah, Prima. 2015. “Pengaruh Paparan Plasma Terhadap Perubahan Sudut Kontak Pada Permukaan Material Isolasi Silicone Rubber.”
- Pansini, Anthony J. 2005. “Power Transmission and Distribution.” In *Power Transmission and Distribution*, , i–xiv.
- Patel, N.J., K.K. Dudani, and A.K. Joshi. 2012. “Partial Discharge Detection-An Overview.” *Journal of Information, Knowledge and Research in Electrical Engineering* 2(2): 331–35.
- Peng, Xiaosheng et al. 2019. “A Convolutional Neural Network-Based Deep Learning Methodology for Recognition of Partial Discharge Patterns from High-Voltage Cables.” *IEEE Transactions on Power Delivery* 34(4): 1460–69.
- Putra, W. R., I. M. Y. Negara, and I. Satriyadi. 2015. “Pengaruh Bentuk Dan Material Elektrode Terhadap Partial Discharge.” *J. Tek. ITS* 4(1).
- Shalev-Shwartz, Shai, and Shai Ben-David. 2014. *Understanding Machine Learning From Theory to Algorithms*. New York: Cambridge University Press.
- Sitorus, H. B. H., H. H. Sinaga, and M. Jaenussolihin. 2008. “Pola Peluahan Parsial Pada Bahan Isolasi Epoxy Resin.” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro UNILA* 2(2).

- Springenberg, Jost Tobias, Alexey Dosovitskiy, Thomas Brox, and Martin Riedmiller. 2015. "Striving for Simplicity: The All Convolutional Net." *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Workshop Track Proceedings*: 1–14.
- Steven, Rudy Simon. 2008. "Pengaruh Polutan Terhadap Tahanan Permukaan Isolator Epoxy Resin."
- Suartika E. P, I Wayan, Wijaya Arya Yudhi, Soelaiman Rully. 2016. "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Caltech 101." *Jurnal Teknik ITS* 5(1): 76.
- Suwarno. 2014. "Partial Discharges in High Voltage Insulations: Mechanism, Patterns and Diagnosis." *Proceedings of 2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICEECS 2014* (November): 369–75.
- Tobing, B. L. 2017. *Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. 3rd ed. Jakarta: Erlangga.
- Wijaya, I Ketut. 2015. "Material Teknik Elektro." : 74.
- Wilson, A C M. 1980. "Insulating Liquids: Their Uses." *Manufacture and Properties, Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers, Stevenage*.
- Yudian, R, Zainuddin Nawawi, and R. F. Kurnia. 2017. "Pengujian Kekuatan Tembus Material Isolasi Polimer Menggunakan Berbagai Bentuk Elektroda Dengan Variasi Temperatur."
- Yuniarti, Nurhening, and A N Afandi. 2006. "Tinjauan Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Silicone Rubber." *Jurnal TEKNO Universitas Negeri Malang* 8(2).
- Zhang, Hangwei et al. 2020. "Recognition of Partial Discharge in Switchgear Based on Kohonen Network." *2020 IEEE Electrical Insulation Conference, EIC 2020*: 542–45.
- Zhou, Hengyi et al. 2019. "Signal Recognition Method of Power Cable Oscillating Wave Partial Discharge Detection Based on Support Vector Machine." In *2019 IEEE 3rd Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)*, , 2334–37.