

# ***Clustering Fenomena Corona Discharge berdasarkan Suara menggunakan Metode LPC dan Euclidean Distance***

**MIFTAHUL FIKRI<sup>1</sup>, CHRISTIONO<sup>2</sup>, IWA GARNIWA MULYANA K.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Teknologi Listrik, Institut Teknologi PLN, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Indonesia

Email: [miftahul@itpln.ac.id](mailto:miftahul@itpln.ac.id)

*Received* 16 Maret 2022 | *Revised* 14 April 2022 | *Accepted* 17 Mei 2022

## **ABSTRAK**

*Kegagalan isolasi akibat fenomena tegangan tinggi seperti corona discharge (CD) masih banyak terjadi pada sistem kelistrikan di Indonesia. Hal ini disebabkan belum dapat dilakukannya deteksi dini kegagalan isolasi. Salah satu bentuk CD berupa suara. Sebagai langkah awal deteksi dini kegagalan isolasi diperlukan suatu penelitian yang dapat mengklaster suara CD (pada kubikal 20 kV) yang merupakan tujuan penelitian. Berdasarkan pengamatan pada elektroda jarum-batang berjarak 3 cm diperoleh breakdown terkecil pada 34,3 kV. Klasifikasi suara CD ditetapkan menjadi 3 cluster yang dimulai dari tegangan cubicle 20 kV hingga sebelum breakdown terjadi yaitu 33 kV. Clustering dilakukan menggunakan metode linear predictive coding (LPC) sebagai ekstraksi ciri dan Euclidean distance sebagai pencocokan pola hasil ekstraksi. Adapun suhu di dalam kubikal antara 27,5°C - 35,3°C dan kelembaban berkisar 70% - 95%. Hasil akurasi clustering rata-rata yang diperoleh adalah 100% untuk data training dan 85,15% untuk data testing.*

**Kata kunci:** *corona discharge, Euclidean distance, kegagalan isolasi, linear predictive coding, tegangan tinggi*

## **ABSTRACT**

*Insulation failures due to high voltage phenomena such as corona discharge (CD) are still common in the electricity system in Indonesia. This is because early detection of insulation failure cannot be carried out. One form of CD is sound. As the first step in early detection, a study is needed to cluster CD sound (at 20 kV cubical). By observations on the needle-rod electrode at 3 cm, the smallest breakdown was at 34.3 kV. CD sound classification is set into 3 clusters starting from a cubicle voltage of 20 kV until before breakdown occurs, which is 33 kV. Clustering was carried out using linear predictive coding (LPC) as feature extraction and Euclidean distance as pattern matching extracted results. The temperature and humidity inside the cubical are 27.5°C-35.3°C and 70%-95% respectively. For training and testing data average clustering accuracy results obtained are 100% and 85.15% respectively.*

**Keywords:** *corona discharge, Euclidean distance,, insulation failure, linier predictive coding, high voltage*

## 1. PENDAHULUAN

DKI Jakarta merupakan pusat beban listrik. Berdasarkan data statistik PLN tahun 2006 Distribusi Jaya dan Tangerang mempunyai pelanggan sebanyak 7 juta lebih dengan daya terpasang 11.564 MVA dan jumlah *substation transformer* mencapai 12.426 buah. Jumlah *substation* sebesar itu memerlukan *cubicle* hampir 3 kali lebih dari jumlah *substation* tersebut (**Portugues, dkk, 2009**), sehingga pemeriksaan dalam rangka pemeliharaan akan mengalami banyak kesulitan jika dilakukan secara manual. Pada *cubicles* tersebut diterapkan tegangan sebesar 20 kV yang dapat mengakibatkan terjadinya gejala *corona discharge* dan selanjutnya apabila dibiarkan akan menyebabkan kegagalan listrik atau hubung singkat, terutama apabila pada kondisi hujan atau kondisi lingkungan lembab (**Wang, dkk, 2016**). Masalah tersebut dapat segera ditanggulangi apabila segera dilakukan perbaikan namun informasi mengenai kondisi *cubicle* tersebut hanya dapat diketahui dengan mendatangi lokasi *cubicle* tersebut (**Rusdi, 2019**).

*Corona discharge* pada *cubicle* tegangan menengah (TM) tidak banyak diketahui karena banyak orang beranggapan bahwa, pada tegangan ini tidak cukup untuk menimbulkan *corona discharge*, namun kenyataannya *corona discharge* timbul bahkan dapat mengakibatkan terjadinya lompatan denyar sehingga *cubicle* tersebut gagal di dalam penyaluran tenaga listrik (**Masarrang, dkk, 2019**). Permasalahan *corona discharge* pada *cubicle* TM merupakan salah satu masalah yang unik dan tidak umum terjadi karena besarnya tegangan (20 kV) secara teknis sangat sulit untuk menyebabkan *corona discharge*, namun masalah ini ternyata banyak terjadi pada sistem distribusi listrik TM di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan di Indonesia memiliki tingkat kelembaban yang tinggi sehingga udara mudah terionisasi sehingga menyebabkan terjadinya *corona discharge* yang apabila tidak diperbaiki dapat mengakibatkan terjadinya *arcing* dan kerusakan pada *cubicle* TM (**Menesy, dkk, 2020**). Sebagai gambaran telah terjadi kerusakan *cubicle* TM sebanyak lebih dari 300 unit setiap tahun di Gardu Distribusi PT. PLN (Persero) Distribusi Jaya dan Tangerang, di mana kerusakan tersebut mayoritas diawali oleh adanya *corona discharge*. Oleh karena itu, perlu ada suatu sistem pemantau yang mampu memberikan informasi terkini dari seluruh *cubicle* yang tersebar namun dapat dilihat pada pusat kontrol. Sehingga selanjutnya dengan data kondisi mutakhir para teknisi dapat segera melakukan pemeliharaan dalam rangka mencegah terjadinya *corona discharge* yang lebih parah yang dapat mengakibatkan terjadinya *flashover* (**Li, dkk, 2018**). Konstruksi dan kondisi sesudah terjadi kerusakan pada *cubicle* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Konstruksi *Cubicle* Tegangan 20 kV (a) tampak bagian dalam *cubicle* (b) tampak bagian keseluruhan *cubicle***

Pada Gambar 1 dapat di lihat sebuah *cubicle* 20 kV yang mengalami kegagalan isolasi akibat terjadinya fenomena *corona discharge* yang tidak diketahui sejak dini sehingga pada isolatornya mengalami kerusakan permanen. Pada bagian (a) menunjukkan susunan isolator

di dalam kubikal dan pada bagian (b) memperlihatkan unit kubikal keseluruhan yang mana keduanya telah mengalami kerusakan permanen akibat terjadinya kegagalan isolasi.

Setiap bentuk elektroda yang bertegangan tinggi atau tegangan menengah pada kondisi tertentu dapat timbul gejala *corona discharge* (Prihatnolo, dkk, 2011) (Arismunandar, 1978). Hal ini dikarenakan elektroda yang dipengaruhi oleh medan listrik akan menyebabkan terjadinya proses ionisasi sehingga dapat menimbulkan elektron atau ion positif pada isolasi *cubicle* 20 kV. Elektron atau ion positif ini akan berkumpul pada satu titik berupa *electron avalanche* yang kemudian menjadi sumber bunyi atau dapat membangkitkan suara. Semakin banyak kumpulan titik, maka besar gangguan bising yang dibangkitkan elektroda akan semakin besar (Widyastuti & Bagus, 2019). Ukuran kebisingan dapat menjadi parameter besarnya tingkat gejala *corona discharge*, sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan mengukur tingkat bising dengan cara menaikkan tegangan dimulai dari 20 kV hingga 33 kV (kurang dari tegangan *breakdown*).

Beberapa penelitian terkait *corona discharge* seperti (Hedtke, dkk, 2019) membahas *corona discharge* pada kawat transmisi menggunakan pengukuran *partial discharge*, (Moore, dkk, 2018) membahas *corona discharge* dengan teknologi sistem udara tak berawak, (Karimi, dkk, 2019) membahas klasifikasi *corona discharge* berdasarkan pola *partial discharge*. Selain itu, (Wahyudi, dkk, 2019) mendeteksi suara *corona discharge* menggunakan transformasi Fourier cepat. Kemudian (Al-geelani, dkk, 2017) membahas identifikasi sinyal suara *corona discharge* berdasarkan level kontaminasi/ polusi menggunakan transformasi *wavelet* yang dibandingkan dengan alat ukur *partial discharge detector*, tetapi suara *corona discharge* tersebut tidak dilakukan *clustering*.

Pada penelitian ini dilakukan *clustering* fenomena *corona discharge* berdasarkan suara sebagai langkah awal yang diharapkan dapat mendeteksi dini kegagalan isolasi pada *cubicle* 20 kV. Adapun *clustering* dilakukan berdasarkan tegangan. Metode *linear predictive coding* (LPC) merupakan metode yang telah lama dikenal dan handal untuk mendapatkan ekstraksi ciri dari sembarang suara, sehingga suara *corona discharge* yang telah direkam kemudian dihitung ekstraksi ciri dengan metode LPC. Setelah ekstraksi ciri ini diperoleh, dilakukan pencocokan menggunakan metode *Euclidean distance* (Dewi, dkk, 2018) sehingga diharapkan diperoleh *clustering* yang akurat.

### 1.1 Fenomena Tegangan Tinggi

Semakin besar energi yang disalurkan melalui saluran transmisi maka semakin tinggi juga kerugiannya. Hal ini dapat diperkecil dengan cara menaikkan tegangan pada kawat tersebut (Zhu, dkk, 2017). Akan tetapi dengan dinaikkannya tegangan, timbul faktor-faktor lain yang sebelumnya dapat diabaikan. Beberapa faktor ini di antaranya:

- a. Adanya gejala *corona discharge* yang semakin membesar, akibatnya terdapat kerugian energi dan gangguan *radio interference* (RI) yang bersifat merugikan.
- b. Dengan semakin membesarnya tegangan, maka akan timbul persoalan terkait isolasi pada kawat, bentuk tiang (*tower*), dan prosedur pengoperasiannya.
- c. Munculnya permasalahan isolasi pada peralatan yang dapat menyebabkan perubahan konstruksi sehingga perlunya kajian lebih lanjut mengenai bahan-bahan isolasi (Syakur & Facta, 2005).

Faktor-faktor ini mengakibatkan bertambahnya investasi yang diperlukan untuk penyelidikan, penyesuaian konstruksi, pengoperasian dan lain-lain. Sedangkan persoalan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah timbulnya gejala "*corona discharge*".

### 1.2 Gejala *Corona Discharge*

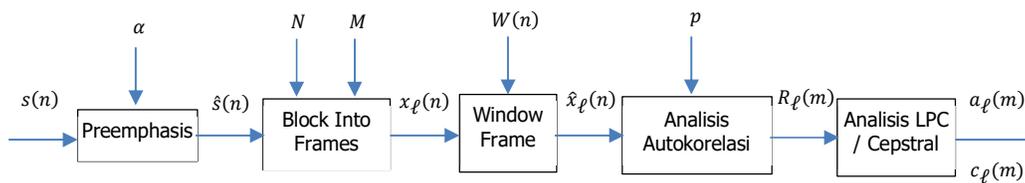
Pergerakan elektron bebas di udara umumnya berasal dari radiasi radio aktif yang terdapat di alam bebas dan adanya sinar kosmik. Elektron-elektron yang letaknya berdekatan dengan kawat transmisi dipengaruhi oleh adanya medan listrik yang menjauhi atau menuju ke kawat tersebut (**Prihatnolo, dkk, 2011**). Selama gerakan elektron tersebut melewati gradien medan listrik, elektron tersebut akan bertubrukan dengan molekul pada udara yang dapat menyebabkan terjadinya ionisasi pada molekul tersebut. Akibat terjadinya ionisasi ini maka terdapat elektron bebas dan ion positif yang akan mendorong terjadinya ionisasi lebih lanjut. Apabila proses ini terus berlanjut maka akan membentuk *electron avalanche* (**Illias, dkk, 2012**).

Jika dua kawat yang sejajar dilintasi oleh *electron avalanche* ini maka dapat mengakibatkan terjadinya perubahan pembagian gradien tegangan dari udara di antara kedua kawat tersebut. Penataan kembali pada gradien ini dapat mengakibatkan nilai tegangan melampaui kekuatan udara (tegangan *breakdown*). Ini akan mengakibatkan terjadinya kegagalan isolasi udara.

Jika penataan kembali ini mengakibatkan perubahan sebagian potensial gradien dari udara, misalkan hanya pada daerah sekitar kawat saja, maka perubahan akan terbatas hanya pada satu kawat saja (**Prihatnolo, dkk, 2011**). Oleh karena itu, *corona discharge* diidentifikasi dengan terjadinya suatu pelepasan muatan yang bermula pada permukaan dari suatu kawat jika nilai medan listrik pada permukaan kawat tersebut melebihi nilai tertentu. Gejala ini dapat terjadi pada berbagai macam kawat ketika diberi tegangan yang cukup tinggi, baik kawat berukuran kecil maupun berukuran besar. Gejala ini menambah kerugian tenaga maupun menyebabkan adanya gangguan RI (**Widyastuti & Bagus, 2019**).

### 1.3 *Linier Predictive Coding*

Metode LPC merupakan metode yang telah dikenal cukup lama untuk pengenalan suara. Menurut (**Rabiner, 1989**), keunggulan LPC ialah sederhana dan dapat diterapkan pada berbagai macam perangkat. Terdapat dua komponen utama pada LPC yaitu *Encoding* dan *Decoding*. *Encoding* berfungsi untuk memeriksa dan mengurai sinyal suara menjadi beberapa bagian, sedangkan *decoding* berfungsi untuk mengubah suara yang telah direkam. Adapun proses metode LPC diperlihatkan pada Gambar 2 (**Rabiner & Juang, 1993**), (**Rabiner, 1989**).



**Gambar 2. Proses umum metode LPC**

dengan

$$\tilde{s}(n) = s(n) - \tilde{a} s(n - 1), \tag{1}$$

di mana  $s$  merupakan sinyal suara,  
 $n$  banyaknya data pada sinyal suara,  
 $0.9 \leq a \leq 1$ .

$$x_{\ell}(n) = \tilde{s}(M\ell + n) \tag{2}$$

di mana  $M$  banyaknya frame

$$\ell = 1, 2, \dots, M$$

$$\tilde{x}_\ell(n) = x_\ell(n) w(n), \quad (3)$$

$$\text{di mana } w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1$$

$$r_\ell(m) = \sum_{n=0}^{N-1-m} \tilde{x}_\ell(n) \tilde{x}_\ell(n+m) \quad (4)$$

$$\text{di mana } m = 0, 1, \dots, p$$

$$a_m = \alpha_m^{(p)} \quad (5)$$

$$\text{di mana } 1 \leq m \leq p$$

$$E^{(0)} = r(0)$$

$$k_i = \frac{\{r(i) - \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j^{(i-1)} r(i-j)\}}{E^{(i-1)}}$$

$$\alpha_i^{(i)} = k_i$$

$$\alpha_j^{(i)} = \alpha_j^{(i-1)} - k_i \alpha_{i-j}^{(i-1)}$$

$$E^{(i)} = (1 - k_i^2) E^{(i-1)}$$

$$c_0 = \ln 1 \quad (6)$$

$$c_m = a_m + \sum_{k=1}^{m-1} \left(\frac{k}{m}\right) c_k a_{m-k} \quad (7)$$

$$\text{di mana } 1 \leq m \leq p$$

Adapun penjelasan tahapan pada Gambar 2 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut : **(Rabiner & Juang, 1993) (Dewi, dkk, 2018)**.

1. *Pre-emphasis* adalah salah satu metode yang dapat menghilangkan *noise* suara dari input suara yang orisinal. *Noise* merupakan gangguan atau interferensi dari obyek suara asli yang terjadi di sekitarnya.
2. *Frame blocking* adalah proses pembagian sinyal suara yang berupa segmen suara.
3. *Windowing* adalah salah satu proses untuk mendeteksi dan memilah perbedaan pada sinyal suara yang telah terbagi menjadi beberapa segmen suara.
4. *Autocorrelation analysis* merupakan tahapan untuk menyamakan sinyal dari setiap frame.
5. *LPC analysis* Merupakan bagian yang mengubah besaran hasil analisis autokorelasi menjadi besaran parameter LPC (koefisien perbandingan daerah *logaritmis*, koefisien pantulan dan koefisien LPC).
6. *Cepstral analysis* yaitu mengkonversi parameter LPC menjadi koefisien *cepstral* menggunakan transformasi Fourier **(Abriyono & Harjoko, 2013)**.

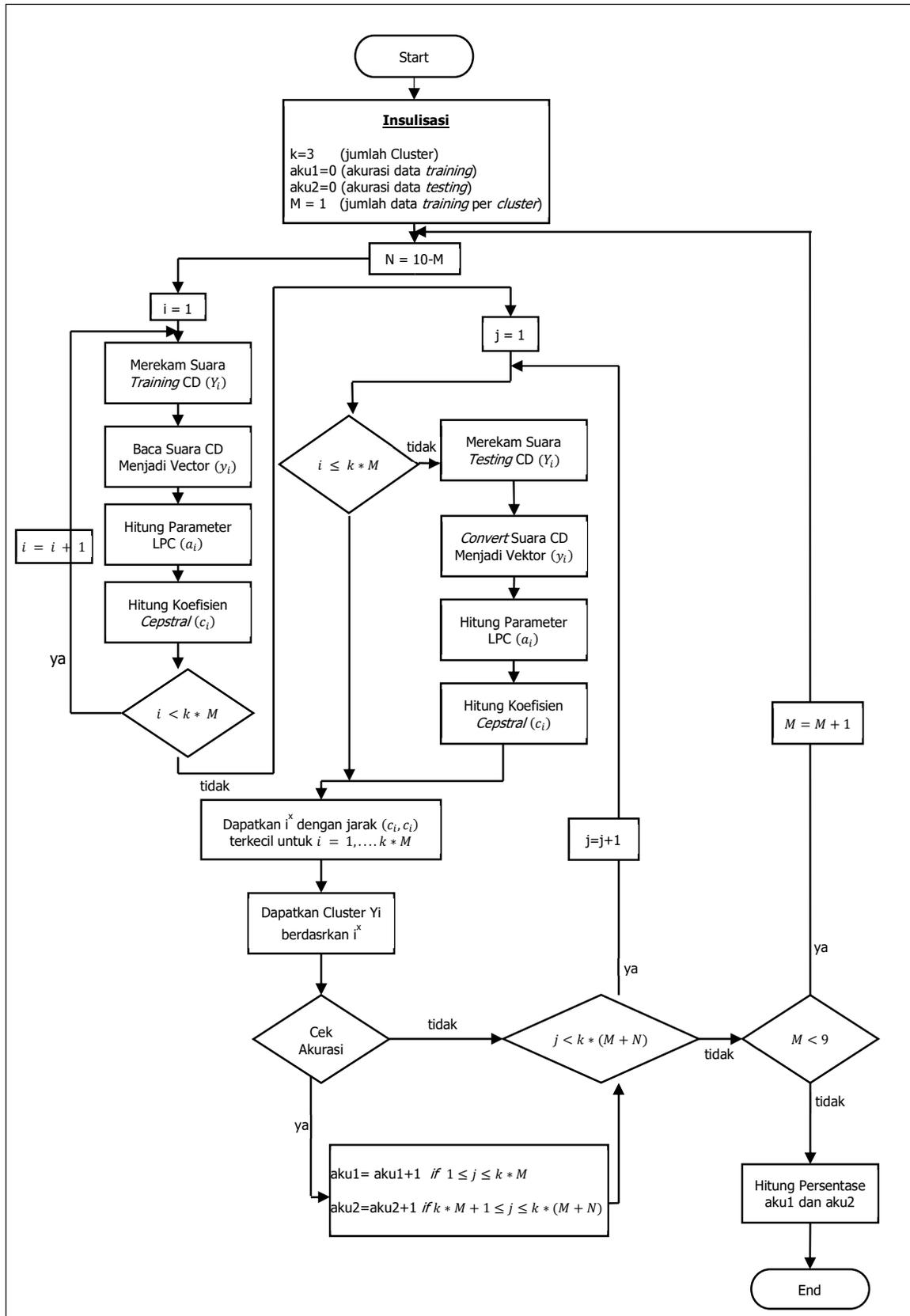
#### 1.4 *Euclidean Distance*

*Euclidean distance* digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan dari hasil ekstraksi ciri pada data-data yang hendak diuji (seluruh data) dengan seluruh data *training* dengan mengacu rumusan Phytagoras sebagai berikut:

$$Ed_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (W_i - X_j)^2} \quad (8)$$



Clustering Fenomena *Corona Discharge* Berdasarkan Suara Menggunakan Metode LPC dan *Euclidean Distance*



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Pengenalan Suara *Corona Discharge*

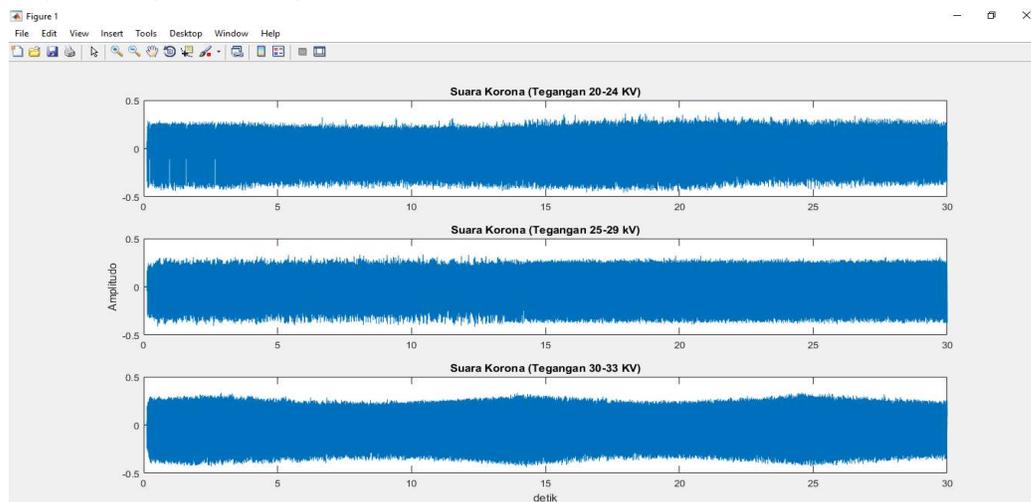


**Gambar 5. Rancangan Bangun Perekaman Suara *Corona Discharge Cubicle* 20 kV**

Gambar 5 merupakan rancang bangun perekaman suara *corona discharge* pada Lab TPTT ITPLN. Tegangan Tinggi yang dibangkitkan oleh *transformator* uji dengan skala perbandingan 200 V yang dapat dinaikkan hingga 100 kV. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan sebagai analisis pendahuluan penelitian didapatkan tegangan *breakdown* sebesar 34,3 kV. Sehingga pada penelitian ini dilakukan perekaman suara *corona discharge* yang dimulai dari tegangan 20 kV kemudian dinaikkan bertahap sehingga terbentuk tiga *cluster* suara *corona discharge* yaitu 20-24 kV, 25-29 kV dan 30-33 kV. Kondisi suhu pengamatan di dalam *cubicle* selama pengambilan data berkisar antara 27,5°C sampai dengan 35,3°C serta kelembaban berkisar 70% hingga 95%. Selama periode kenaikan tegangan diiringi dengan proses perekaman suara *corona discharge* yang terjadi di antara kedua elektroda dengan jarak antar elektroda sebesar 3 cm. Adapun perekaman suara menggunakan piranti mikrofon yang berjarak 5 cm dari sela elektroda, kemudian hasil dari rekaman tersebut di simpan ke komputer untuk diolah.

### 3.2 Sampel Data Dan Ekstraksi Ciri Suara *Corona Discharge* Dengan Metode LPC

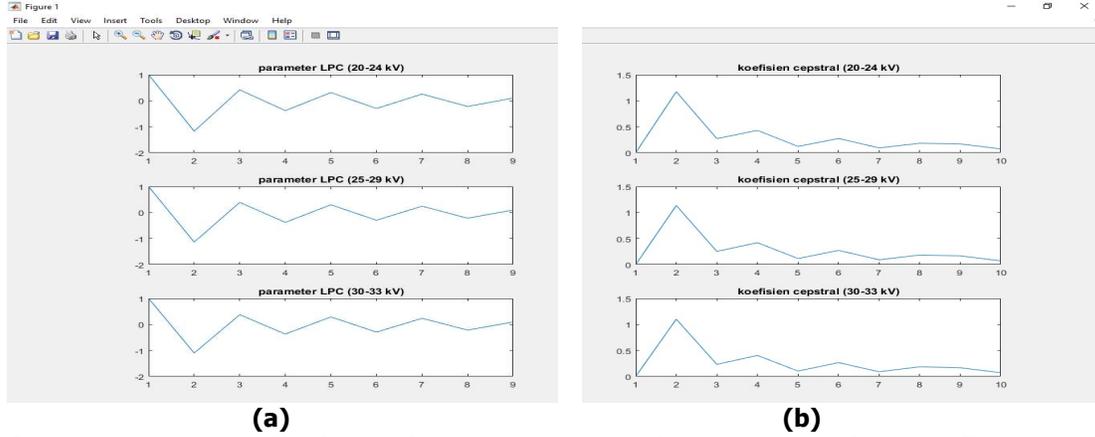
Rancang bangun pada Gambar 5 digunakan untuk merekam suara *corona discharge* dengan masing-masing *cluster* (20-24 kV, 25-29 kV, 30-33 kV) diambil sebanyak 10 data dan diperoleh sampel hasil perekaman pada Gambar 6:



**Gambar 6. Sampel Suara *Corona Discharge* Berdasarkan Tegangan**

*Clustering Fenomena Corona Discharge Berdasarkan Suara Menggunakan Metode LPC dan Euclidean Distance*

Suara *corona discharge* seperti yang diperoleh pada Gambar 6 dilakukan ekstraksi ciri menggunakan metode LPC menggunakan Persamaan (1) – (7) (Rabiner & Juang, 1993) dan diperoleh hasil pada Gambar 7 berikut:

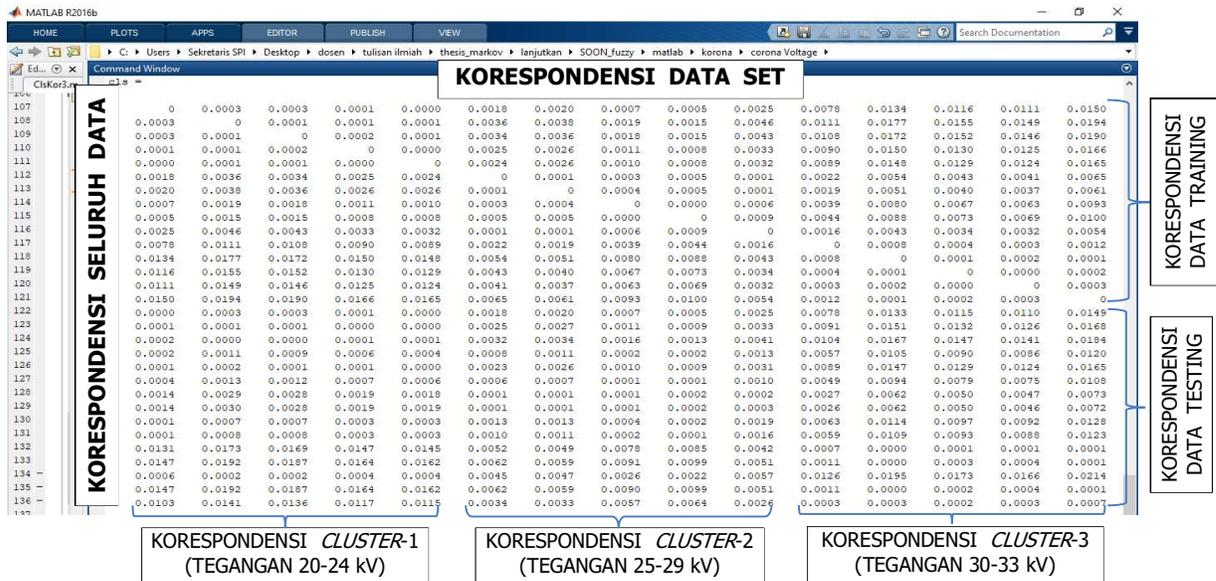


**Gambar 7. Ekstraksi Ciri Suara *Corona Discharge* (a) parameter LPC (b) koefisien *cepstral***

Data suara pada Gambar 6 kemudian dihitung menggunakan persamaan (1) – (5) sehingga diperoleh parameter LPC pada Gambar 7(a), kemudian hasil ini dihitung menggunakan Persamaan (6) – (7) dan menghasilkan koefisien *cepstral* LPC 7(b). Baik pola maupun nilai yang hampir sama baik pada bagian (a) maupun bagian (b) dikarenakan ketiga cluster ini merupakan obyek yang sama berupa suara *corona discharge*. Koefisien *cepstral* ini yang kemudian dilakukan pencocokkan pola.

**3.3 Pencocokkan Hasil Ekstraksi**

Hasil ekstraksi ciri yang diperoleh dengan metode LPC pada Gambar 7(b) kemudian dilakukan pencocokkan pola baik data *training* terhadap data *training* maupun data *training* terhadap data *testing* dengan rumusan *Euclidean distance* pada persamaan (8). Hasil yang diperoleh untuk masing-masing *cluster* pada 5 data *training*-5 data *testing* dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Hasil Simulasi *Euclidean Distance* untuk *Clustering Fenomena Corona Discharge***

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa baris berkorespondensi dengan keseluruhan data baik data *training* maupun data *testing*, kolom berkorespondensi dengan data *training* di mana kolom 1-5 merupakan data *training* untuk tegangan 20-24 kV (*cluster 1*), kolom 6-10 merupakan data *training* untuk tegangan 25-29 kV (*cluster 2*), kolom 11-15 merupakan data *training* untuk tegangan 30-33 kV (*cluster 3*). Hasil *clustering* diperoleh berdasarkan nilai *Euclidean distance* terkecil pada Gambar 8.

### 3.4 Hasil *Clustering* Suara *Corona Discharge*

Hasil *clustering* suara *corona discharge* diperoleh berdasarkan data pada Gambar 8 dengan nilai *Euclidean distance* terkecil. Beberapa hasil *clustering* dengan beberapa perlakuan banyaknya data *training-testing* ditampilkan pada Gambar 9 berikut:

The image shows three MATLAB R2016b command windows, labeled (a), (b), and (c), each displaying the output of a clustering algorithm. The output lists data sets (Data ke-1 to Data ke-30) and their assigned clusters (Cluster ke-1, ke-2, ke-3). The accuracy for each run is shown at the bottom of the output.

- (a) akurasi:100%
- (b) akurasi:100%
- (c) akurasi:100%

(a) (b) (c)  
**Gambar 9. Hasil *Clustering* Suara *Corona Discharge* dengan berbagai perlakuan (a) 3 *training* – 7 *testing* (b) 5 *training* – 5 *testing* (c) 7 *training* – 3 *testing***

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil *clustering* masing-masing data dengan berbagai perlakuan data *training-testing*. Sebagai contoh, untuk perlakuan data 5 *training*- 5 *testing* pada baris dan kolom pertama pada Gambar 8 bernilai 0, ini berarti data pertama memiliki jarak terdekat dengan data set pertama sehingga merupakan cluster ke-1.

Langkah-langkah pada sub bahasan 3.1 sampai dengan 3.4 menjelaskan bahwa suara *corona discharge* dilakukan perekaman suara (domain waktu), kemudian dilakukan ekstraksi ciri, kemudian dilakukan perhitungan jarak yang selanjutnya jarak terkecil digunakan untuk *clustering* suara *corona discharge* tersebut. Proses ini secara lengkap dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3. Akurasi hasil klaster suara *corona discharge* disajikan dan dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Akurasi Pengenalan Suara *Corona Discharge*

No.	Skema		Akurasi		Rata-rata
	<i>Training</i>	<i>Testing</i>	<i>Training</i>	<i>Testing</i>	
1	1	9	100%	70,37%	85,15%
2	2	8	100%	83,33%	
3	3	7	100%	80,95%	
4	4	6	100%	77,78%	
5	5	5	100%	73,33%	
6	6	4	100%	91,67%	
7	7	3	100%	88,89%	
8	8	2	100%	100%	
9	9	1	100%	100%	

Hasil yang diperoleh pada Tabel 1 menjelaskan bahwa akurasi sampel pengenalan suara *corona discharge* menggunakan metode LPC dan *Euclidean distance*. Proses ini dilakukan secara berulang dengan perlakuan 1 data *training* - 9 data *testing* hingga 9 data *training* - 1 data *testing* berdasarkan persentase yang diperoleh pada Gambar 9. Sebagai contoh untuk 5 data *training* dan 5 data *testing* diperoleh akurasi sebesar 100% untuk data *training* dan 73,33% untuk data *testing*. Hal ini dikarenakan dari 15 data *training* ketika disimulasikan diperoleh seluruh data tersebut akurat serta dari 15 data *testing* ketika disimulasikan diperoleh 11 data *testing* yang akurat. Pada Tabel 1 terlihat bahwa akurasi rata-rata dengan berbagai perlakuan data *training-testing* sebesar 100% untuk data *training* dan 85,15% untuk data *testing*.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan perekaman suara *corona discharge* secara langsung di Laboratorium Teknologi dan Peralatan Teganagan Tinggi Institut Teknologi PLN. Perekaman suara *corona discharge* menggunakan *transformator* uji dengan skala perubahan tegangan sebesar 200 V. Terdapat tiga *cluster* suara *corona discharge* berdasarkan tegangan 20–24 kV, 25-29 kV dan 30-33 kV (masing-masing 10 data). Adapun selama pengambilan data kondisi suhu berkisar antara 27,5°C hingga 35,3°C dan kelembaban berkisar antara 70% hingga 95%. Selama periode pengaturan tegangan diiringi dengan proses perekaman suara *corona discharge* yang terjadi di antara kedua elektroda dengan jarak antar elektroda sebesar 3 cm. Perekaman dilakukan menggunakan piranti *mikrofon* yang berjarak 5 cm dari sela elektroda. Hasil dari rekaman tersebut kemudian diolah dengan metode LPC dan *Euclidean distance*. Hasil *clustering* suara *corona discharge* menggunakan metode LPC dan *Euclidean distance* diperoleh rata-rata akurasi sebesar 100% untuk data *training* dan 85,15% untuk data *testing*.

#### DAFTAR RUJUKAN

Abriyono, A., & Harjoko, A. (2013). Pengenalan Ucapan Suku Kata Bahasa Lisan Menggunakan Ciri LPC, MFCC, dan JST. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 1(1), 23–34. <https://doi.org/10.22146/ijccs.2149>

- Al-geelani, N. A., Piah, M. A. M., & Abdul-Malek, Z. (2017). Identification of acoustic signals of corona discharges under different contamination levels using wavelet transform. *Electrical Engineering, 100*(2), 1059–1067. <https://doi.org/10.1007/s00202-017-0568-5>
- Arismunandar, A. (1978). *Teknik Tegangan Tinggi*. Pradnya Paramita.
- Dewi, I. A., Zulkarnain, A., & Lestari, A. A. (2018). Identifikasi Suara Tangisan Bayi menggunakan Metode LPC dan Euclidean Distance. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 6*(1), 153–164. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v6i1.153>
- Hedtke, S., Pfeiffer, M., & Franck, C. M. (2019). Corona discharge pulse pattern and audible noise on hybrid AC/DC transmission lines under electric field bias, ripple and ion coupling. *Journal of Electrostatics, 102*. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2019.103373>
- Illias, H., Teo Soon Yuan, Bakar, A. H. A., Mokhlis, H., Chen, G., & Lewin, P. L. (2012). Partial discharge patterns in high voltage insulation. *PECon 2012 - 2012 IEEE International Conference on Power and Energy, December*, (pp. 750–755). <https://doi.org/10.1109/PECon.2012.6450316>
- Karimi, M., Majidi, M., Mirsaeeedi, H., Arefi, M. M., & Oskuoee, M. (2019). A novel application of deep belief networks in learning partial discharge patterns for classifying corona, surface, and internal discharges. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67*(4), 3277–3287. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2908580>
- Li, X., Wang, J., Lu, T., & Cui, X. (2018). Statistical analysis of audible noise generated by AC corona discharge from single corona sources. *High Voltage, 3*(3), 207–216. <https://doi.org/10.1049/hve.2017.0159>
- Masarrang, R., Patras, L. S., & Tumaliang, H. (2019). Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 8*(2), 67–74. <https://doi.org/10.35793/jtek.8.2.2019.23980>
- Menesy, A. S., Jiang, X., Ali, M. A., Sultan, H. M., Alfakih, N. M., & Kamel, S. (2020). Partial Discharge and Breakdown Characteristics in Small Air Gap Length Under DC Voltage in Needle-Plane Electrode Configuration. *2020 IEEE IAS Industrial and Commercial Power System Asia Technical Conference*, (pp. 869–874).
- Moore, A. J., Schubert, M., & Rymer, N. (2018). Technologies and Operations for High Voltage Corona Detection with UAVs. *IEEE Power and Energy Society General Meeting*. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2018.8585759>
- Portugues, I. E., Moore, P. J., Glover, I. A., Johnstone, C., McKosky, R. H., Goff, M. B., & van der Zel, L. (2009). RF-based partial discharge early warning system for air-insulated

- substations. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 24(1), 20–29. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2008.2005464>
- Prihatnolo, S. T., Syakur, A., & Facta, M. (2011). Pengukuran Tegangan Tembus Dielektrik Udara pada Berbagai Sela dan Bentuk Elektroda dengan Variasi Temperatur Sekitar. *Jurnal Teknik Elektro Undip*, 1–8.
- Rabiner, L. (1989). A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77(2), 257–286. <https://doi.org/10.1109/5.18626>
- Rabiner, L., & Juang, B.-H. (1993). *Fundamentals of speech recognition*. Prentice Hall.
- Rusdi, S. (2019). Analisa Terbentuknya Korona Pada Saluran Kubicle Tegangan 20Kv Serta Pengaruhnya Terhadap Rugi-Rugi Daya. *Lensa*, 2(48), 14–21.
- Syakur, A., & Facta, M. (2005). Perbandingan Tegangan Tembus Media Isolasi Udara Dan Media Isolasi Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Bidang-Bidang. *Transmisi*, 10(2), 26–29. <https://doi.org/10.12777/transmisi.7.2.26-29>
- Wahyudi, M., Tumiran, Yulistya Negara, I. M., Akhmad Setiawan, N., & Sugiyantoro, B. (2019). Audiosonic Acoustic Detection of Air Corona Discharge based on Fast Fourier Transform. *Proceedings of the 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems: Towards Sustainable and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019*, (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011029>
- Wang, X., Taylor, N., & Edin, H. (2016). Effect of Humidity on Partial Discharge in a Metal-Dielectric Air Gap on Machine Insulation at Trapezoidal Testing Voltages. *Journal of Electrostatics*, 83, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2016.08.003>
- Widyastuti, C., & Bagus, I. N. (2019). *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah Dampak Korona pada SUTET 500 kV Terhadap Radio Interference Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*. 11(2), 87–97.
- Zhu, M. X., Wang, Y. B., Liu, Q., Zhang, J. N., Deng, J. B., Zhang, G. J., Shao, X. J., & He, W. L. (2017). Localization of Multiple partial Discharge Sources in Air-Insulated Substation Using Probability-Based Algorithm. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 24(1), 157–166. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2016.005964>