

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Literature Review***

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dionisios Plyarinos, dkk dengan judul *Measuring And Analyzing Leakage Current For Outdoor Insulators And Specimens* didapat bahwa, ada beberapa teknik yang telah diterapkan pada pengukuran arus bocor. Masalah mendasarnya adalah untuk kinerja isolator tidak hanya tingkat arus bocor tetapi juga bentuk gelombang aktual. Meskipun secara umum tingkat arus bocor meningkat dengan meningkatnya aktivitas. Oleh karena itu, beberapa teknik analisis arus bocor diusulkan dengan masing-masing karakteristiknya sendiri (Pylarinos, 2011).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Riza Aryanto, dkk dari Universitas Brawijaya yang berjudul “Studi Distribusi Tegangan dan Arus Bocor pada Isolator Rantai dengan Pembasahan”, didapat bahwa pengaruh tingkat pembasahan pada isolator rantai dapat disimpulkan bahwa semakin basah permukaan isolator, maka semakin besar arus bocor yang terjadi. Hal ini dapat dibuktikan dengan pengujian beberapa tingkat intensitas hujan yang semakin besar, maka arus bocor yang ditimbulkan juga semakin besar. Arus bocor yang terjadi melewati permukaan isolator, karena pada kondisi basah permukaan isolator cenderung konduktif, sehingga arus listrik lebih mudah mengalir melewati permukaan tersebut. (Aryanto, 2015).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Teguh Aryo Nugroho dari Institut Teknologi Surabaya (ITS) yang berjudul *Evaluasi Dampak Alga pada Isolator Polimer*, metoda yang dilakukan salah satunya ada tes arus bocor. Dari hasil pengujian tersebut didapat bahwa kontaminasi dari alga dapat membuat penurunan kekuatan dari isolator polimer dan hal tersebut menyebabkan nilai arus bocor pada isolasi polimer naik (Nugroho, 2015).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Zivion O. Silalahi dengan judul Studi Unjuk Kerja Isolator Porselen Terpolusi pada Berbagai Kondisi Lingkungan dan Simulasi *Flashover* pada Spesimen Porselen. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja arus bocor terhadap perubahan kondisi lingkungan di dalam chamber. Unjuk kerja arus bocor tersebut dinilai dengan mengamati besar kecilnya harmonik gelombang arus bocor tersebut. Pengujian dengan spesimen keramik bertujuan untuk menganalisis karakteristik medan listrik dan rapat arus di permukaan isolator pada saat terjadinya *flashover*. Dari penelitian ini didapat, peningkatan suhu dan kelembaban menyebabkan peningkatan nilai maksimum arus bocor baik pada isolator bersih maupun terpolusi, Suhu dan kelembaban tidak mempengaruhi sifat kapasitif arus bocor, dan Semakin tinggi konduktivitas polutan pada permukaan isolator, arus bocor yang terjadi semakin besar dikarenakan nilai rapat arus pada permukaan isolator terpolusi berbanding lurus dengan konduktivitas lapisan pengotoran (Silalahi, 2016).

## **2.2. Teori Pendukung**

### **2.2.1. Isolator**

Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya sebagai pemisah antara saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Pengaruh keadaan udara sekitar dan polutan yang menempel pada permukaan yang menyebabkan permukaan isolator bersifat konduktif. Dalam menentukan sebuah isolator yang akan dibuat serta bagaimana unjuk kerjanya dalam melayani suatu sistem tenaga listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan yaitu, sifat-sifat kandungan material dengan bahan dasar untuk membuat isolator kemampuannya pada cuaca buruk, keadaan saat terkontaminasi serta pertimbangan masalah biaya produksi (Arismunandar, 2001)

Sedangkan menurut Dissado dan Forthgil dalam bukunya yang berjudul *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers* mengatakan bahwa Isolator adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik.

Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat pada atom-atomnya. Bahan ini dipergunakan dalam alat-alat elektronika sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. Isolator berguna juga sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir keluar atau antara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik ( Dissado & Forthgil, 1992).

### **2.2.2. Material Isolator**

Pertimbangan sifat-sifat bahan isolasi yang akan digunakan merupakan bagian penting dari proses perancangan isolator luar ruangan. Bahan tersebut tidak hanya harus menjadi dielektrik yang sangat baik yang mampu menampung tekanan listrik tinggi dalam jangka panjang, tetapi juga harus tahan terhadap, sering kali, efek lingkungan yang parah, seperti radiasi ultraviolet, kontaminasi, dan tegangan lebih petir. Lebih lanjut, itu harus memiliki kekuatan tarik, tekan dan kantilever yang cukup untuk mendukung beban yang diterapkan dan menjaga integritas mekanisnya selama umur instalasi yang bersangkutan (Vosloo, 2005). Penjelasan singkat tentang bahan umum yang digunakan diberikan di bawah ini.

#### **1. Gelas**

Untuk memenuhi persyaratan mekanis dari isolator tegangan tinggi, sebagian besar unit kaca adalah jenis "tangguh". Proses pengerasan melibatkan percepatan pendinginan permukaan isolator sementara bagian dalam mendingin lebih lambat. Laju pemadatan diferensial menciptakan tekanan tekan permanen permanen pada lapisan luar untuk secara efektif mencegah pembentukan retakan mikro permukaan dan menghambat perambatan retak.

Kelebihan dari kaca adalah:

- a. Ketahanannya terhadap kerusakan akibat radiasi ultraviolet dan efek lingkungan lainnya
- b. Kekuatan dielektrik yang tinggi dan ketahanan terhadap tusukan listrik
- c. Kemungkinan untuk pecah lebih besar jika terjadi kerusakan, sehingga memudahkan untuk identifikasi unit yang rusak
- d. kekuatan tekannya yang baik.

Kekurangan isolator jenis kaca sebagai berikut :

- a. Karakteristik mekanisnya membatasi penggunaannya hanya untuk aplikasi tertentu
  - b. Kecenderungannya untuk pecah sehingga menjadikannya target ideal bagi pengacau
  - c. Kerentanannya terhadap kebocoran arus yang terjadi secara terus-menerus dapat memicu pecah.
2. Polimer

Dua jenis polimer yang sering digunakan saat ini adalah yang berbasis etilen propilena diena monomer (EPDM) dan yang berbasis *Silicon Rubber* (SIR). EPDM dan SIR memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan pelacakan yang tinggi, selain itu EPDM dan SIR memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap degradasi ultraviolet dan memiliki sifat unik dalam menjaga permukaan hidrofobik (anti air) bahkan ketika terkontaminasi parah. Dengan demikian, mereka lebih populer untuk digunakan di daerah dengan polusi laut dan industri yang signifikan.

Kelebihan dari material komposit adalah:

- a. Rasio kekuatan-terhadap-berat tarik yang sangat tinggi.
- b. Peningkatan kinerja di daerah yang sangat berpolusi (jenis karet silikon).
- c. Target yang tidak menarik bagi pengacau dan sangat tahan terhadap kerusakan proyektil.
- d. Fleksibilitas, memberikan kemampuan seismik yang lebih baik dan mencegah kegagalan kaskade unit pos.

Kekurangan dari material komposit adalah:

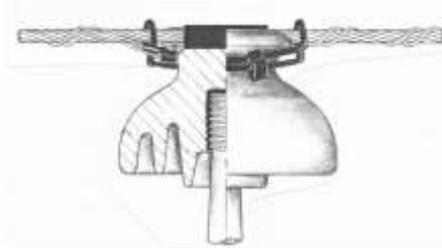
- a. Terkena erosi arus bocor jika material dan / atau dimensi yang digunakan salah
- b. Perawatan khusus yang diperlukan dalam desain dan manufaktur untuk memastikan penghapusan masuknya uap air di antarmuka
- c. Defleksi di bawah beban dalam aplikasi tertentu.

### 2.2.3. Jenis Isolator

Jenis Isolator luar ruangan yang paling umum digunakan antara lain :

#### 1. Pin Isolator

Isolator kaku yang terdiri dari komponen insulasi yang dimaksudkan untuk dipasang secara kokoh pada struktur pendukung dengan menggunakan pin yang melewati bagian dalam insulator. Komponen penyekat dapat terdiri dari satu atau lebih potongan bahan penyekat yang secara permanen dihubungkan bersama. Pemasangan komponen isolasi ke pin dapat dipisahkan atau permanen. Isolator yang biasa digunakan untuk jenis pin porcelain, gelas, resin. Gambar 2.1. merupakan contoh pemasangan isolator jenis pin.



Gambar 2.1. Isolator Pin  
(Voslo, 2005)

#### 2. *Line Post Insulator*

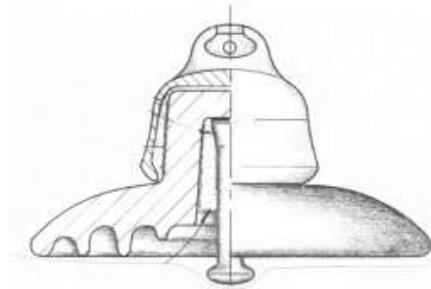
Isolator kaku yang terdiri dari satu atau lebih potongan bahan isolasi yang dirakit secara permanen, biasanya dengan dasar logam dan terkadang tutup, dimaksudkan untuk dipasang secara kokoh pada struktur pendukung dengan menggunakan tiang pusat atau satu atau lebih baut. Isolator yang sering digunakan pada jenis *line post insulator* porcelain, gelas, resin. Gambar 2.2. merupakan contoh dari isolator jenis *line post*



Gambar 2.2. Isolator Jenis *Line Post*  
(Voslo, 2005)

### 3. *Cap and Pin (disc) Insulator*

Isolator terdiri dari bagian insulasi yang berbentuk cakram atau bel dan alat pengencang yang terdiri dari tutup luar dan pin bagian dalam yang dipasang secara aksial. Pada jenis ini isolator yang sering digunakan porcelain dan gelas. Gambar 2.3. merupakan contoh gambar dari jenis ini



Gambar 2.3. Isolator Jenis Cap dan Pin (Cakram)  
(Voslo, 2005)

#### 2.2.4. *Fast Fourier Transform*

Analisis Fourier digunakan untuk mengubah bentuk gelombang domain waktu menjadi frekuensinya komponen dan sebaliknya. Jika bentuk gelombangnya berkala, deret Fourier dapat digunakan untuk menghitung besaran dan fase dari fundamental dan komponen harmoniknya. Lebih umum Transformasi Fourier dan kebalikannya digunakan untuk memetakan fungsi apa pun di file interval  $-\infty$  hingga  $+\infty$  baik dalam domain waktu atau frekuensi menjadi fungsi kontinu didomain terbalik. Deret Fourier karenanya mewakili kasus khusus dari Fourier Transformasi diterapkan ke sinyal periodic (Ingale, 2014).

Untuk menghitung harmonisa gelombang dalam bentuk spektrum dapat dipergunakan teori *Fourier Transform*. *Fourier Transform* akan memetakan fungsi dalam domain waktu, kedalam fungsi dengan persamaan.

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-jn\omega t} dt \quad (2.1)$$

Dimana :

$f(\omega)$  = sinyal dalam domain frekuensi kontinyu

$f(t)$  = sinyal dalam domain waktu

$e^{-jn\omega t}$  = konstanta nilai sebuah sinyal

Perhitungan dengan computer mengharuskan untuk merubah persamaan diatas dalam bentuk diskrit

$$f(\Omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} f(n)e^{-j\Omega n} \quad (2.2)$$

Dimana :

$f(\Omega)$  = sinyal dalam domain frekuensi diskrit

$f(n)$  = sinyal berdasarkan banyaknya sampel yang diambil

$e^{-j\Omega n}$  = konstanta nilai sebuah sinyal

Perhitungan diskrit ini memunculkan beberapa kendala yaitu hasil transformasi memiliki bentuk kontinu, yang berarti membutuhkan proses pendiskritan ulang dari persamaan (2.3). Kesulitan ini kemudian diatasi dengan sebuah algoritma yang dinamakan *Discrete Fourier Transform* atau DFT. DFT melakukan tiga tahap proses: Pertama, mensampling sinyal pada frekuensi sampling  $\geq 2$  frekuensi maksimum; Kedua, memotong sinyal dalam jumlah data yang cukup; Ketiga melakukan resampling pada domain frekuensi (yang berarti konvolusi pada waktu). Proses ini menghasilkan sebuah persamaan :

$$f(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)W_N^{nk} \quad (2.3)$$

Dimana :

$f(k)$  = sinyal berdasarkan koefisien *fourier*

$f(n)$  = sinyal berdasarkan waktu diskrit

N = banyaknya sampel

$e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} = W_N^{nk}$  = konstanta nilai sebuah sinyal

Setelah diteliti, DFT masih menyisakan problem waktu hitung yang sangat lama. Jika jumlah data yang dihitung adalah  $N = 2\gamma$ , dimana  $\gamma$  bilangan integer maka perhitungan DFT membutuhkan  $N^2$  perkalian dan  $N(N-1)$  penjumlahan, dan tentunya jumlah memori besar. Untuk mengatasi hal tersebut, dua orang peneliti Cooley dan Tukey mengajukan algoritma yang disebut *Fast Fourier Transform* (FFT) (2.1). Dengan ketentuan  $N=2\gamma$ , maka untuk 8 buah data (diperoleh  $\gamma=3$ ) dalam format DFT dituliskan :

$$f(k) = \sum_{n=0}^7 f(n)W_8^{nk} \quad (2.4)$$

Dimana :

$f(k)$  = sinyal berdasarkan koefisien *fourier*

$f(n)$  = sinyal berdasarkan waktu diskrit

$W_8^{nk}$  = konstanta nilai sebuah sinyal

Pangkat  $n$  dan  $k$  diuraikan dalam bentuk biner :

$$N = 8 = 2^3 \begin{cases} n = 4n_2 + 2n_1 + n_0 \\ k = 4k_2 + 2k_1 + k_0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Dimana :

$N$  = banyaknya sampel

$n$  dan  $k = 0$  atau  $1$

$n$  dan  $k$  ditulis dalam bentuk seperti diatas, disertai penyesuaian operasi sigma :

$$f(k_2, k_1, k_0) = \sum_{n_0=0}^1 \sum_{n_1=0}^1 \sum_{n_2=0}^1 f_0(n_2, n_1, n_0) W_8^{(4n_2+2n_1+n_0)(4k_2+2k_1+k_0)} \quad (2.6)$$

$$f(k_2, k_1, k_0) = \sum_{n_0=0}^1 \sum_{n_1=0}^1 \sum_{n_2=0}^1 f_0(n_2, n_1, n_0) W_8^{(4n_2k_0)} \cdot W_8^{2n_1(2k_2+k_0)} \cdot W_8^{2n_0(4k_2+2k_1+k_0)} \quad (2.7)$$

Disederhanakan :

$$f_1(k_2, k_1, k_0) = \sum_{n_2=0}^1 f_0(n_2, n_1, n_0) W_8^{(4n_2k_0)} \quad (2.8)$$

$$f_2(k_2, k_1, k_0) = \sum_{n_2=0}^1 f_1(k_0, n_1, n_0) W_8^{2n_1(2k_1+k_0)} \quad (2.9)$$

$$f_3(k_0, k_1, k_2) = \sum_{n_2=0}^1 f_1(k_0, k_1, n_0) W_8^{2n_1(4k_2+2k_1+k_0)} \quad (2.10)$$

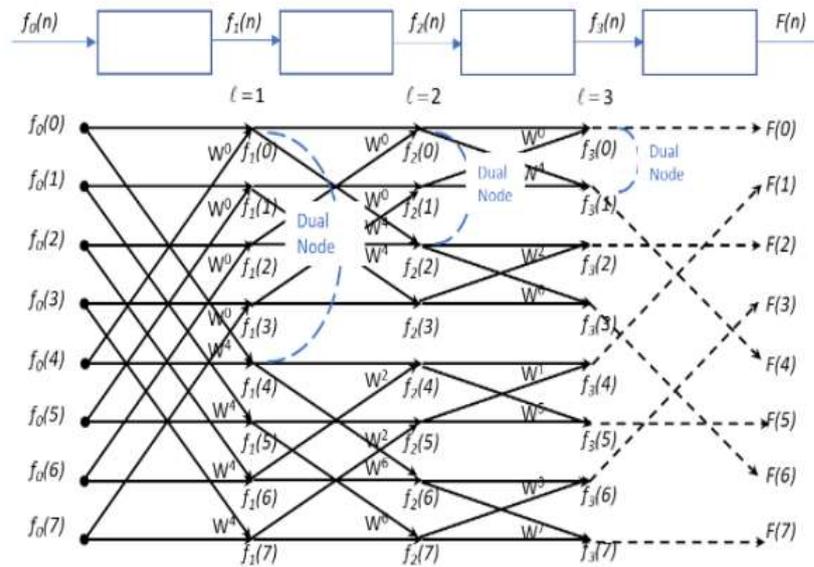
Dimana :

$f_i$  = fungsi DFT

$k_i$  = sinyal *output* DFT

$n_i$  = sinyal *input* DFT

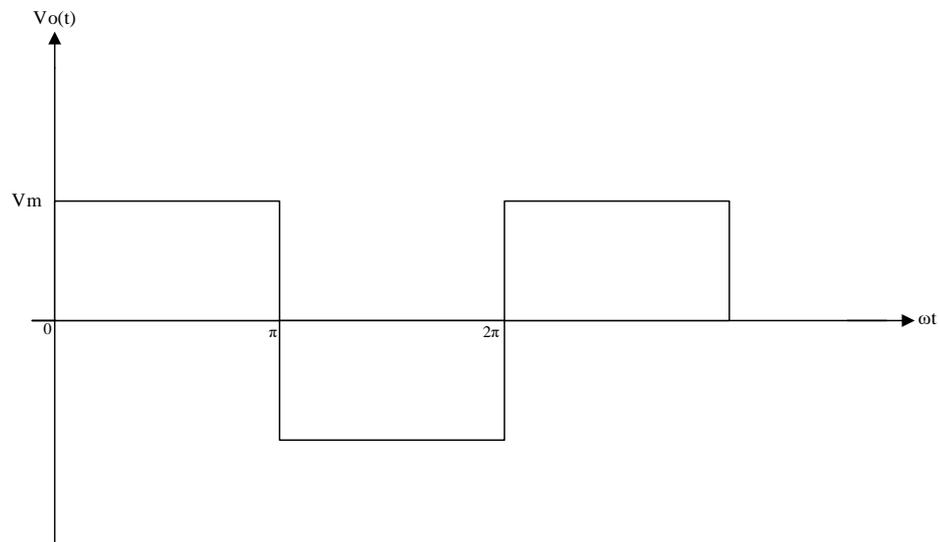
Pada Gambar 2.4. bisa disimpulkan terdapat 3 array [5] (yaitu sejumlah  $\gamma=3$ ) untuk memperoleh hasilnya. Tetapi Hasil akhir yang diperoleh memiliki urutan indeks  $f_3(k_0, k_1, k_2)$  yang berbeda dengan yang diinginkan  $F = (k_2, k_1, k_0)$ , maka perlu dilakukan satu kali proses yaitu pengurutan data (Sugiono, 2019)



Gambar 2.4. Diagram Kupu-kupu FFT dengan  $N=8$   
(Sugiono, 2019)

### 2.2.5. Total Harmonik Distorsi

Harmonik adalah arus atau tegangan dengan frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi daya dasar menjadi 50 atau 60Hz (50Hz untuk daya Eropa dan 60Hz untuk Kekuatan Amerika). Jika frekuensi daya dasar adalah 50 Hz, maka harmonik ke-2 adalah 100 Hz, yang ketiga adalah 150 Hz, dll., Frekuensi harmonik dari yang ketiga hingga ke-25 adalah yang paling banyak rentang frekuensi umum yang diukur dalam sistem distribusi listrik. Distorsi harmonik: Harmonik dapat dipahami sebagai frekuensi periodik yang berbeda komponen yang ditumpangkan pada bentuk gelombang frekuensi utama. Dalam sistem tenaga, harmonisa yang ada sebagian besar adalah kelipatan bilangan bulat ganjil dari frekuensi daya. Ke-3, ke-5, ke-9, Urutan ke-7, ke-11 dan ke-13 dapat diidentifikasi sebagai harmonisa yang paling umum. Sebagai tambahannya harmonisa umum ini, dimungkinkan untuk menghadapi komponen sinyal yang tidak integer kelipatan fundamental. Komponen semacam itu disebut sebagai "inter-harmonik" dan memang demikian biasanya ditemui saat berhadapan dengan sinyal non-periodik (Ingale, 2014). Gambar 2.5. menunjukkan gelombang kotak yang akan didekomposisi dari *fast fourier transform*.



Gambar 2.5. Gelombang Segiempat

Pada gambar 2.5. gelombang segiempat diatas didapat bahwa batas-batas dari :

$$\text{Pada saat : } 0 \leq \omega \leq \pi; V_o(t) = V_m \quad (2.11)$$

$$\text{Pada saat : } \pi \leq \omega \leq 2\pi; V_o(t) = -V_m \quad (2.12)$$

Berdasarkan persamaan (2.1), sebuah sinyal dapat di dekomposisi menjadi komponen DC, dan sejumlah komponen harmonisa:

$$V_o(t) = V_{DC} + (a_n \cos \omega t + b_n \sin \omega t) \quad (2.13)$$

Dimana :

$V_o(t)$  = Tegangan Sesaat (Instantaneous)

$V_{DC}$  = Tegangan Rata-rata

$a_n$  dan  $b_n$  = Koefisien

Dari persamaan (2.11) dapat diturunkan lagi dengan mencari masing-masing komponen yang ada didalamnya.

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_o(t) \cdot d\omega t \quad (2.14)$$

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\pi} V_m \cdot d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} -(V_m \cdot d\omega t) \right]$$

$$V_{DC} = \frac{V_m}{2\pi} \left[ (\omega t \Big|_0^{\pi}) - (\omega t \Big|_{\pi}^{2\pi}) \right]$$

$$V_{DC} = \frac{V_m}{2\pi} [(\pi - 0) - (2\pi - \pi)] = 0 \quad (2.15)$$

Dimana :

$V_{DC}$  = Tegangan Rata-rata

$V_o(t) = V_m =$  Tegangan maksimum

Selanjutnya untuk koefisien  $a_n$ , didapat :

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} (Vm \cdot \cos(n\omega t)) d\omega t \quad (2.16)$$

$$a_n = \frac{2Vm}{n\pi} [\sin n\omega t]_0^{\pi}$$

$$a_n = \frac{2Vm}{n\pi} (\sin n\pi - \sin 0)$$

$$a_n = 0 \quad (2.17)$$

Koefisien  $b_n$ , dapat menggunakan persamaan:

$$b_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} (Vm \cdot \sin(n\omega t)) d\omega t \quad (2.18)$$

$$b_n = \frac{2Vm}{n\pi} [-\cos(n\pi) + \cos(0)]$$

$$b_n = \frac{2Vm}{n\pi} [1 - \cos(n\pi)] \quad (2.19)$$

Untuk pembuktian dari persamaan (2.21):

Untuk  $n = 1$

$$b_1 = \frac{2Vm}{\pi} [1 - \cos(\pi)]$$

$$b_1 = \frac{2Vm}{\pi} [1 - (-1)]$$

$$b_1 = \frac{4Vm}{\pi} \quad (2.20)$$

Untuk  $n=2$

$$b_2 = \frac{2Vm}{2\pi} [1 - \cos(2\pi)]$$

$$b_2 = \frac{2Vm}{2\pi} [1 - 1]$$

$$b_2 = 0$$

Untuk  $n=3$

$$b_3 = \frac{2Vm}{3\pi} [1 - \cos(3\pi)]$$

$$b_3 = \frac{2Vm}{3\pi} [1 - (-1)]$$

$$b_3 = \frac{4Vm}{3\pi} \quad (2.21)$$

$$\text{Untuk } n = 1,3,5,\dots b_n = \frac{4Vm}{n\pi} \quad (2.22)$$

$$\text{Untuk } n = 2,4,6,\dots b_n = 0 \quad (2.23)$$

Persamaan (2.15), persamaan (2.17), dan persamaan (2.19), didapat persamaan :

$$V_o(t) = \sum_{n=1,2,3}^{\infty} \frac{2V_m}{n\pi} \sin n\omega t \quad (2.24)$$

Atau

$$V_o(t) = \frac{2V_m}{\pi} \left( \sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots + \frac{1}{n} \sin n\omega t \right) \quad (2.25)$$

Dimana :

$$V_m = \sqrt{2} V_{L-N}$$

$V_{L-N}$  = Tegangan Phasa - Netral

Dari persamaan (2.24) harmonisa yang muncul hanyalah harmonisa untuk n bernilai ganjil saja, n yang bernilai genap memberikan hasil sama dengan nol.

Total Harmonic Distortion atau THD, didefinisikan sebagai penjumlahan semua komponen harmonik dari bentuk gelombang tegangan atau arus dibandingkan terhadap komponen fundamental dari tegangan atau gelombang arusnya, sehingga didapat persamaan :

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} (M_n^2)}{(M_1^2)}} \cdot 100\% \quad (2.26)$$

Dimana :

$M_n$  = Komponen Harmonik ganjil ke-n

$M_1$  = Komponen fundamental

THD = Total Harmonik Distorsi (%)

### 2.2.6. Kovarian dan Korelasi

Kovarian adalah bilangan yang menyatakan bervariasinya nilai suatu variabel dalam nisbah asosiatifnya dengan variabel lain. Diberikan N pasang hasil pengukuran  $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$  dari dua buah kuantitas x dan y, dapat didefinisikan kovarian dari x dan y yaitu sebagai berikut :

$$\sigma_{XY} = \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2.27)$$

Dimana :

$\sigma$  = kovarian

N = banyaknya sampel

x = variable random diskrit

- $y$  = variable random diskrit  
 $x_i$  = kemunculan  $x$  ke- $i$   
 $y_i$  = kemunculan  $y$  ke- $i$   
 THD = Total Harmonik Distorsi (%)

Jika sekarang kita menggunakan nilai terukur untuk menghitung fungsi ( $x$ ), standar deviasi  $q$  diberikan oleh :

$$\sigma_q^2 = \left(\frac{\partial q}{\partial x}\right)^2 \sigma_x + \left(\frac{\partial q}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + 2 \frac{\partial q}{\partial x} \frac{\partial q}{\partial y} \sigma_{xy} \quad (2.28)$$

Dimana :

- $\sigma_q$  = standar deviasi fungsi  $q$   
 $\frac{\partial q}{\partial i}$  = diferensial fungsi  $q$  terhadap variable  $i$

Jika kesalahan dalam  $x$  dan  $y$  adalah independen, maka  $\sigma_{xy} = 0$ , dan persamaan ini tereduksi menjadi rumus biasa untuk kesalahan propagasi. Apakah ada atau tidak kesalahan yang independen, Schwarz menyiratkan batas atas

$$\sigma_q \leq \left| \frac{\partial q}{\partial x} \right| \sigma_x + \left| \frac{\partial q}{\partial y} \right| \sigma_y \quad (2.29)$$

Dimana :

- $\sigma_q$  = standar deviasi fungsi  $q$   
 $\frac{\partial q}{\partial i}$  = diferensial fungsi  $q$  terhadap variable  $i$

Sementara itu korelasi bertujuan mengukur kekuatan hubungan asosiasi linear di antara dua variabel. Diberikan  $N$  pasang hasil pengukuran  $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$  dari dua buah kuantitas  $x$  dan  $y$ , dapat didefinisikan koefisien korelasi dari  $x$  dan  $y$  yaitu sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.30)$$

Dimana :

- $r$  = korelasi antara  $x$  dan  $y$   
 $x$  = variable random diskrit  
 $y$  = variable random diskrit  
 $x_i$  = kemunculan  $x$  ke- $i$   
 $y_i$  = kemunculan  $y$  ke- $i$

Persamaan ekuivalen dari koefisien relasi yaitu sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum x_i y_i N \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum x_i^2 - N \bar{x}^2)(\sum y_i^2 - N \bar{y}^2)}} \quad (2.31)$$

Dimana :

- $r$  = korelasi antara  $x$  dan  $y$
- $x$  = variable random diskrit
- $y$  = variable random diskrit
- $x_i$  = kemunculan  $x$  ke- $i$
- $y_i$  = kemunculan  $y$  ke- $i$

Jika nilai  $r$  mendekati 1 atau -1 mengindikasikan memiliki korelasi linear kuat; bila mendekati 0 mengindikasikan korelasi kecil atau tidak ada korelasi. Probabilitas  $Prob_N(|r| > r_0)$  bahwa pengukuran  $N$  dari dua variabel berkorelasi akan memberikan nilai  $r$  lebih besar daripada nilai  $r_0$ , dapat diamati ditabulasikan dalam Lampiran C buku wajib. Bila probabilitasnya kecil, maka semakin baik bukti bahwa variabel  $x$  dan  $y$  benar-benar berkorelasi. Jika probabilitas kurang dari 5 % , bisa kita katakan memiliki korelasi yang signifikan, jika kurang dari 1 % , kita bisa mengatakan memiliki korelasi yang sangat signifikan.

### 2.2.7. *Principal Component Analysis (PCA)*

Analisis Komponen Utama (Principal Componen Analysis) bermula dari tulisan Karl Pearson pada tahun 1901 untuk peubah non-stokastik. Analisis ini kemudian ditetapkan menjadi peubah stokastik oleh Harold Hotelling pada tahun 1933. Analisis ini merupakan analisis tertua. Perhitungan dalam analisis ini pada waktu tersebut merupakan pekerjaan yang sukar walaupun hanya menggunakan beberapa peubah. Analisis ini baru berkembang penggunaannya setelah tersedianya fasilitas komputasi elektronik.

Analisis komponen utama merupakan an atheoretic approach yang menghasilkan kombinasi linear dari variabel-variabel yang diperoleh dari mereduksi variabel asli/awal yang banyak sekali. Di dalam proses mereduksi, diperoleh variabel yang lebih sedikit akan tetapi masih mengandung informasi yang termuat dalam data asli/awal. Variabel hasil mereduksi tersebut dinamakan faktor yang juga disebut komponen atau faktor komponen.

Secara teknis, analisis komponen utama merupakan suatu teknik mereduksi data multivariat (multivariabel) yang mengubah (mentransformasi) suatu matriks data/asli menjadi suatu set kombinasi linier yang lebih sedikit akan tetapi menyerap sebagian besar jumlah varian dari data awal. Tujuan utamanya ialah menjelaskan sebanyak mungkin jumlah varian data asli dengan sedikit mungkin komponen utama yang disebut faktor.

Analisis Komponen Utama biasanya digunakan untuk :

1. Identifikasi peubah baru yang mendasari data peubah ganda
2. Mengurangi banyaknya dimensi himpunan peubah yang biasanya terdiri atas peubah yang banyak dan saling berkorelasi dengan mempertahankan sebanyak mungkin keragaman dalam himpunan data tersebut, dan
3. Menghilangkan peubah-peubah asal yang mempunyai sumbangan informasi yang relatif kecil.

Peubah baru yang dimaksud di atas disebut komponen utama yang mempunyai ciri sebagai berikut :

1. Merupakan kombinasi linier peubah-peubah asal
2. Jumlah kuadrat koefisien dalam kombinasi linier tersebut bernilai satu
3. Tidak berkorelasi, dan
4. Mempunyai ragam berurut dari yang terbesar ke yang terkecil.

Peubah-peubah baru ini memanfaatkan informasi dari peubah-peubah asal dan nilai yang nantinya diperoleh dari masing-masing objek merupakan ordinat objek objek tersebut dalam peubah baru yang merupakan suatu sumbu koordinat. Tidak adanya korelasi antar peubah baru ini merupakan sifat yang diinginkan karena peubah-peubah tersebut mengukur dimensi-dimensi yang berbeda dalam data. Ragam suatu peubah merupakan sifat yang penting yang digunakan dalam suatu analisis. Makin beragam suatu peubah makin besar perannya dalam pemilihan antar objek. Dari peubah-peubah baru tersebut yang terurut keragamannya, diharapkan beberapa peubah baru pertama akan dapat menjelaskan dengan baik keragaman yang ada dalam data asal. Jika dua komponen utama pertama dari masing-masing objek digambar dalam diagram pencar maka akan diperoleh

gambaran posisi objek dengan hampiran jarak Euclid dari objek asal (Tanudjaja, 2015)