PENGHILANGAN DERAU DENGAN MENGGUNAKAN WAVELET MULTIVARIATE PADA SINYAL ELEKTROMAGNETIK YANG DIHASILKAN PELUAHAN SEBAGIAN

(Skripsi)

Oleh

BRANDO MARDONGAN SINAGA

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

ABSTRAK

PENGHILANGAN DERAU DENGAN MENGGUNAKAN WAVELET MULTIVARIATE PADA SINYAL ELEKTROMAGNETIK YANG DIHASILKAN PELUAHAN SEBAGIAN

Oleh

BRANDO MARDONGAN SINAGA

Pendeteksian peluahan sebagian merupakan suatu hal perlu dilakukan agar transformator yang sedang bekerja tidak mengalami gangguan yang berujung pada kerusakan fatal. Sistem pendeteksian peluahan sebagian yang baik harus dapat mendeteksi dan menangkap sinyal peluahan dengan magnitude yang rendah. Sistem pendeteksian juga harus mampu mengidentifikasi fenomena peluahan sebagian secara cepat dan akurat.

Salah satu metode pendeteksian peluahan sebagian yang berkembang saat ini adalah pendeteksian peluahan sebagian yang menangkap sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh sumber peluahan sebagian. Sinyal elektromagnetik tersebut merambat ke segala arah di dalam tangki transformator. Dengan menggunakan sensor yang sesuai, sinyal dapat ditangkap dan direkam untuk keperluan analisis. Namun, sensor tidak akan hanya menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber peluahan sebagian, sensor juga akan menangkap semua sinyal elektromagnetik yang ada di sekitarnya. Hal ini dapat mengakibatkan gelombang sinyal peluahan sebagian yang direkam oleh osiloskop akan terganggu oleh sinyal derau yang tidak diinginkan.

Upaya menghilangkan derau sangat perlu dilaksanakan untuk menampilkan sinyal peluahan yang jelas dan benar. Dalam Penelitian ini dibahas perancangan dan implementasi penghilangan derau dengan menggunakan metode *wavelet multivariate.*Tiga jenis mother wavelet digunakan dalam penelitian ini, yakni: sym, db dan coif. Ketiga mother wavelet didekomposisi dengan menggunakan 3 sampai 5 level. Dari hasil penelitian, didapat bahwa ketiga mother wavelet mampu mengurangi derau yang dialami oleh sinyal peluahan sebagian. Hasil penghilangan derau dengan menggunakan mother wavelet sym dan level dekomposisi 5, menghasilkan sinyal dengan derau yang paling minimal.

Kata Kunci: peluahan sebagian, sinyal elektromagnetik, penghilangan derau, *wavelet multivariate*.

ABSTRACT

DENOISING USING WAVELET MULTIVARIATE OF ELECTROMAGNETIC SIGNAL EMITTED FROM PARTIAL DISCHARGE

By

BRANDO MARDONGAN SINAGA

Partial discharge recognition is a matter that should be essential so that working transformator do not experience problems that led to a breakdown. A good partial discharge recognition system should able to detect and capture partial discharge signal with low magnitude. Detection system must also identify partial discharge phenomena quick and accurately.

One of partial discharge recognition methods that developed nowadays is partial discharge recognition using electromagnetic signals that released from partial dischagre source. Those electromagnetic signals propagate in all directions inside transformator tank. Using appropriate sensors, signals can be captured and recorded for the analysis purposes. But sensors will, not only capture the electromagnetic signals emitted by the partial discharge source, the sensor will also capture all electromagnetic signals that exist in the vicinity. This can result in partial discharge signal wave recorded by the osciloscope will be disrupted by unwanted electromagnetic signal.

Noise removal attempt is must be done to display partial discharge signal that clear and correctly. In this research will explained design and implementation using wavelet multivariate method. Three types of mother wavelet used in this research, which are: sym, db and coif. Those three mother wavelet decomposed with 3 to 5 levels. From the research result, known that those three mother wavelet able to decrease noise from partial discharge signal. Denoising result using mother wavelet sym and decomposition level 5, resulting signal with minimal amount of noise.

***Keywords**: partial discharge, electromagnetic signal, denoising, wavelet multivariate.*

PENGHILANGAN DERAU DENGAN MENGGUNAKAN WAVELET MULTIVARIATE PADA SINYAL ELEKTROMAGNETIK YANG DIHASILKAN PELUAHAN SEBAGIAN

Oleh

BRANDO MARDONGAN SINAGA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Judul Skripsi : **PENGHILANGAN DERAU DENGAN MENGGUNAKAN WAVELET MULTIVARIATE PADA SINYAL ELEKTROMAGNETIK YANG DIHASILKAN PELUAHAN SEBAGIAN**

Nama Mahasiswa : *Brando Mardongan Sinaga*

Nomor Pokok Mahasiswa : 0915031026

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Herman Halomoan S., S.T., M.T.	**Dr. F. X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.**
NIP 19711130 199903 1 003	NIP 19710114 199803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Herman Halomoan S., S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Dr. F. X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Mei 2016**

PERNYATAAN

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

BANDAR LAMPUNG, 23 JUNI 2016
YANG MEMBUAT PERNYATAAN

BRANDO MARDONGAN SINAGA
NPM: 0915031026

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Ratulangi, Bandar Lampung pada tanggal 20 Desember 1990, sebagai anak kedua dari dua bersaudara pasangan H. Sinaga dan L. Tobing.

Pendidikan di Sekolah Dasar Fransiskus I Tanjung Karang diselesaikan pada tahun 2003, Sekolah Menengah Pertama Fransiskus I Tanjung Karang diselesaikan pada tahun 2006, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 9 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2009.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2009 melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (Himatro Unila) di Departemen Pendidikan dan Pengkaderan periode 2010-2011. Pada tahun 2013 penulis melaksanakan kerja praktik di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tarahan, Lampung Selatan untuk mempelajari dan mengaplikasikan ilmu di bidang ketenaga listrikan bagian tegangan tinggi.

Moto

"Janganlah kamu menjadi hamba uang dan cukupkanlah dirimu dengan apa yang ada padamu. Karena Allah telah berfirman: ***"Aku sekali-kali tidak akan membiarkan engkau dan Aku sekali-kali tidak akan meninggalkan engkau."***

"Ibrani 13:5"

Kupersembahkan Karya Kecil ini sebagai bukti nyata dan cintaku kepada Ayahanda, Ibunda, Adinda dan Nenek tercinta yang dengan cucuran keringat dan air mata senantiasa bermunajat ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa demi keberhasilan dan kesehatanku,

Seseorang yang selalu memberi motivasi untuk meraih keberhasilan guna membahagiakan kedua orang tua,

Serta untuk Almamater kebanggaanku

SANWACANA

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis, baik dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini maupun dalam penulisan laporan, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan sebuah bentuk laporan hasil penelitian Tugas akhir yang dilaksanakan penulis pada laboratorium terpadu jurusan teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung untuk menyelesaikan program studi S1 Teknik Elektro di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Laporan ini dikerjakan berdasarkan hasil pengamatan, observasi, studi literatur serta penelitian yang dilakukan penulis selama melaksanakan pengerjaan Tugas Akhir tersebut.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Ayahanda dan Ibunda saya yang tercinta yang senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun materil selama penulis melaksanakan kerja praktik.
2. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universits Lampung.

3. Bapak Dr. Ardian Ulvan, S.T.,M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Herman Halomoan S., S.T.,M.T., selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, sekaligus sebagai pembimbing utama Tugas Akhir saya, atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran serta kritik dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. F. X. Arinto Setyawan, S.T.,M.T., selaku pembimbing pendamping Tugas Akhir saya, atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran serta kritik dalam proses penyelesaian laporan ini.
6. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T.,M.T., selaku penguji Tugas Akhir saya, yang memberikan saran dan kritik yang membangun, serta semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Dr. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc. selaku pembimbing akademik, atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran serta kritik dalam proses penyelesaian laporan ini.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro atas dedikasinya selama ini, serta seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Teman seperjuangan saat mengerjakan Tugas Akhir saya Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung atas kerja samanya.
10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2009 yang telah memberikan semagat pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Semua mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama kerja praktik.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungannya dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menginginkan tulisan laporan ini dapat digunakan sebagai bahan referensi dan sumber pelajaran bagi pembaca, sehingga kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kebaikan dan kemajuan tulisan ini di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, Juni 2016 .

Penulis
Brando Mardongan Sinaga

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI
DAFTAR TABEL
DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN
A. Latar Belakang dan Masalah 1
B. Tujuan 3
C. Manfaat Penelitian 3
D. Rumusan Masalah 4
E. Batasan Masalah 5
F. Hipotesis 5

II. TINJAUAN PUSTAKA
A. Peluahan Sebagian (Partial Discharge) 6
A.1. Definisi 6
A.2. Metode Pendeteksian Peluahan Sebagian 7
A.3. Gelombang Sinyal Peluahan Sebagian..... 9
B. Derau 10
B.1. Definisi derau (noise) 10
B.2. Bentuk sinyal derau 12
C. Teknik Denoising / Penghilangan Derau 13
C.1. Fourier 14
C.2. Wavelet 15
D . Korelasi Silang (Cross Correlation) 23
E. Penelitian Terdahulu (Luqvi Rizki dan Jumanto S. Panjaitan) mengenai pendeteksian peluahan sebagian menggunakan metode elektromagnetik 24

III. METODE PENELITIAN
A. Tempat dan Waktu Penelitian. 28
B. Alat dan Bahan 28
C. Tahap Pembuatan Tugas Akhir..... 29
1. Denoising tahap pertama 29
2. Denoising tahap kedua 31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
A. Pengambilan sumber data 37
B. Pengolahan data 38
B.1. Tahap Pertama 38
a. Persiapan Sumber Data 38
b. Penghilangan derau 42
c. Perhitungan SNR 44
B.2. Tahap Kedua 46
a. Persiapan Sumber Data 46
b. Penghilangan Derau 49
c. Perhitungan SNR 52
d. Korelasi Silang (Cross Correlation) 54
C. Modifikasi Metode Denoising
C.1. Pengubahan Nilai Magnitude Derau Putih 57
C.2. Pengubahan Tipe dan Orde Wavelet 60
C.3. Pengubahan Level Wavelet 61
D. Pohon Wavelet 62

V. KESIMPULAN DAN SARAN
A. Kesimpulan 65
B. Saran 67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data hasil pengujian besarnya magnitudo peluahan sebagian 24

Tabel 4.1 Perbandingan nilai kenaikan nilai persentase derau putih terhadap magnitude tertinggi 58
Tabel 4.2 Perbandingan nilai kenaikan nilai persentase derau putih terhadap SNR 59
Tabel 4.3 Tabel perbandingan magnitude tertinggi terhadap perubahan jenis wavelet 60
Tabel 4.4 Tabel perbandingan magnitude tertinggi terhadap perubahan level wavelet 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis - jenis sumber peluahan sebagian 7
Gambar 2.2 Bentuk sinyal peluahan sebagian dari beberapa model kasus 10
Gambar 2.3 Sinyal yang terganggu oleh kehadiran noise 12
Gambar 2.4 Gaussian White Noise 13
Gambar 2.5 Bentuk sinyal sebelum dan setelah diberikan teknik penghilangan derau 13
Gambar 2.6 Bentuk gelombang Wavelet 17
Gambar 2.7 Wavelet Haar 17
Gambar 2.8 Wavelet Daubechies 18
Gambar 2.9 Wavelet Coiflet 18
Gambar 2.10 Wavelet Symlet 19
Gambar 2.11 Magnitudo peluahan permukaan, rongga dan korona 25
Gambar 2.12 Hasil sinyal pengamatan setelah menggunakan FFT 26

Gambar 3.1 Flowchart pengujian tahap pertama 34
Gambar 3.2 Flowchart pengujian tahap kedua 35

Gambar 4.1 Sumber data peluahan 39
Gambar 4.2 Sumber data peluahan yang telah di-import 39
Gambar 4.3 Bentuk sinyal peluahan permukaan, menggunakan 1 sampel 40
Gambar 4.4 Bentuk sinyal peluahan rongga menggunakan 1 sampel 41
Gambar 4.5 Hasil penghilangan derau sinyal peluahan permukaan tahap pertama 42
Gambar 4.6 Hasil penghilangan derau sinyal peluahan rongga tahap pertama 43
Gambar 4.7 Sinyal derau putih 47
Gambar 4.8 Bentuk sinyal peluahan sebagian permukaan baru 48
Gambar 4.9 Bentuk sinyal peluahan sebagian rongga baru 49
Gambar 4.10 Hasil penghilangan derau sinyal peluahan permukaan tahap kedua 50
Gambar 4.11 Hasil penghilangan derau sinyal peluahan rongga tahap pertama 51
Gambar 4.12 Bentuk korelasi silang PD permukaan masukan dan hasil tahap pertama 54
Gambar 4.13 Bentuk korelasi silang PD permukaan hasil tahap pertama dan kedua 55
Gambar 4.14 Bentuk korelasi silang PD rongga masukan dan hasil tahap pertama 55
Gambar 4.15 Bentuk korelasi silang PD rongga hasil tahap pertama dan kedua 55
Gambar 4.16 Bentuk pohon wavelet symlet4 dengan 5 level 63
Gambar 4.17 Sinyal dari node pada pohon wavelet..... 64

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Pendeteksian peluahan sebagian merupakan suatu hal yang harus sangat perlu dilakukan pada setiap peralatan sistem tenaga listrik, seperti transformator. Hal ini dilakukan agar peralatan yang sedang bekerja tidak mengalami kendala yang berujung pada kerusakan pada sistem tersebut. Sistem pendeteksian peluahan sebagian yang baik harus dapat mengidentifikasi fenomena peluahan sebagian secara cepat dan akurat, sehingga sistem pendeteksian mampu menghindarkan kerusakan peralatan listrik yang semestinya tidak terjadi. Keakuratan sistem pendeteksian peluahan sebagian yang baik dapat menenujukkan terjadinya kerusakan awal sehingga tindakan perbaikan dapat direncanakan dan bermuara pada umur suatu peraltan listrik yang lebih panjang.

Metode pendeteksian peluahan sebagian dapat dilakukan dengan beragam cara. Salah satu metode pendeteksian yang berkembang saat ini adalah pendeteksian peluahan sebagian dengan menggunakan metode sinyal elektromagnetik. Sinyal elektromagnetik dihasilkan ketika peluahan sebagian terjadi pada isolasi transformator. Sinyal tersebut merambat ke segala arah dan dengan menggunakan sensor yang tepat, sinyal dapat ditangkap dan direkam untuk keperluan analisis.

Sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber peluahan sebagian ditangkap dengan mempergunakan sensor yang sesuai dan sinyal yang ditangkap oleh sensor dapat direkam dengan menggunakan digitizer atau oasiloskop. Namun, sensor tidak akan hanya menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber peluahan sebagian, sensor juga akan menangkap semua sinyal elektromagnetik yang ada di sekitarnya. Hal ini dapat mengakibatkan gelombang sinyal peluahan sebagian yang direkam oleh digitizer akan terganggu oleh sinyal elektromagnetik disekitar sensor yang tidak diinginkan. Dalam penelitian di Laboratorium, dengan kondisi lingkungan yang terkendali, sinyal gangguan dapat dibatasi pada tingkat yang tidak mengganggu hasil pengukuran. Namun di lapangan, sinyal gangguan dapat sangat besar yang akan mengakibatkan sinyal peluahan sebagian terkubur oleh sinyal gangguan (derau) di sekelilingnya. Sehingga untuk pendeteksian peluahan sebagian, penghilangan derau sangat diperlukan.

Pada penelitian ini akan dilakukan penghilangan derau (*denoising*) yang bertujuan untuk menghilangkan, atau mengurangi derau yang didapatkan dari hasil pendeteksian peluahan yang telah didapat. Hal ini dilakukan supaya hasil pendeteksian peluahan tersebut lebih akurat dan mempermudah dan meningkatkan ketelitian analisis, sehingga membantu teknisi dalam melaksanakan proses perbaikan sistem isolasi pada tegangan tinggi.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi dan menganalisis derau yang terdapat pada hasil percobaan.
2. Melakukan penghapusan/penghilangan derau yang ada pada hasil percobaan. Proses penghilangan derau dilaksanakan dengan metode transformasi wavelet.
3. Melakukan pemberian tambahan derau pada hasil data percobaan dan melakukan penghapusan derau dengan metode wavelet, dan membandingkan hasil penghapusan derau dengan hasil penghapusan derau sebelum diberikan derau tambahan.

C.Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

Dapat mengetahui penggunaan metode wavelet dalam pengurangan derau dari sebuah sumber sinyal yang berasal dari hasil pendeteksian sumber peluahan sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui jenis sumber peluahan sebagian secara tepat pada suatu sistem isolasi

D. Rumusan Masalah

Penghapusan derau dapat meningkatkan akurasi hasil sistem pendeteksian peluahan sebagian yang dideteksi dengan menangkap sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh sumber peluahan sebagian. Pada penelitian ini akan dilakukan penghapusan derau yang dihasilkan oleh proses deteksi peluahan sebagian pada suatu sumber peluahan sebagian dengan menggunakan metode transformasi wavelet. Analisis dari hasil sumber pendeteksian peluahan sebagian akan diberikan derau tambahan dan dilakukan penghapusan kembali oleh metode transformasi wavelet, lalu dikomparasi dengan hasil penelitian penghapusan derau awal, sehingga dapat disimpulkan keakuratan penghapusan derau dengan metode transformasi wavelet sebagai cara penghapusan derau dari hasil pendeteksian peluahan sebagian yang telah dilakukan.

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penghilangan derau dilakukan dengan memanfaatkan gelombang sinyal peluahan sebagian yang dihasilkan oleh peneliti terdahulu. (Luqvi Rizki dan Jumanto S. Panjaitan).

2. Sumber derau yang digunakan adalah *gaussian white noise* dengan nilai mean gaussian = 0.

3. Peneliti tidak membahas metode pendeteksian peluahan sebagian secara mendetail.

F. Hipotesis

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil hipotesis bahwa penggunaan transformasi wavelet akan menghasilkan hasil denoising yang berbeda dengan metode FFT (Fast Fourier Transformation) yang telah dilakukan peneliti pendahulu, dan akan menghasilkan sinyal hasil denoising yang lebih baik. Hasilnya, sinyal proses pendeteksian peluahan sebagian yang dihasilkan dapat dianalisis lebih akurat untuk menentukan jenis sumber peluahan sebagian yang menghasilkannya.

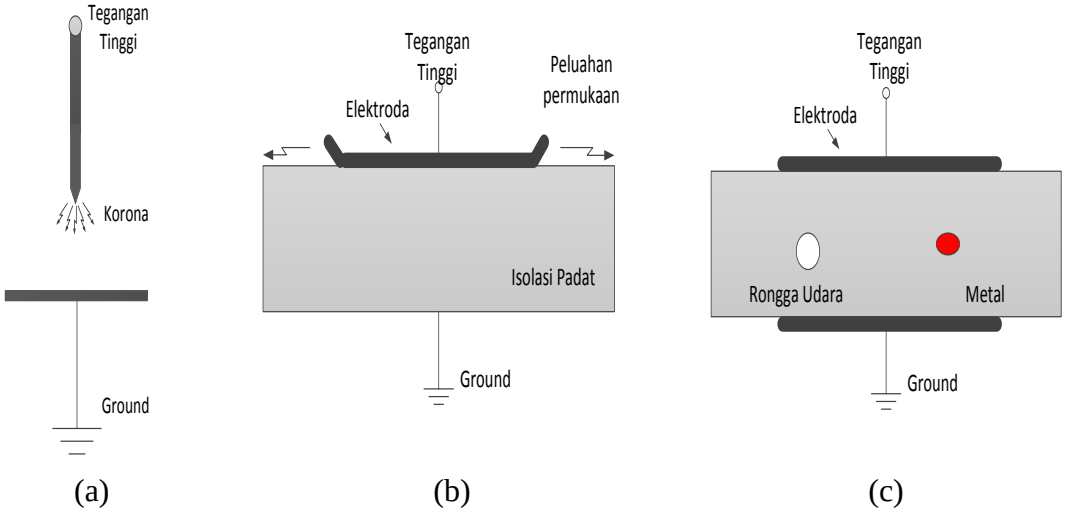
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Peluahan Sebagian (Partial Discharge)

Peluahan sebagian (Partial Discharge/PD) adalah suatu fenomena peluahan listrik lokal pada sebagian sistem isolasi diantara dua konduktor, kerusakan dapat terjadi dekat konduktor atau ditengah bahan isolasi namun tidak menghubungkan antara kedua konduktor [IEC 60270]. Peristiwa ini ditandai dengan pelepasan atau loncatan muatan listrik pada sebagian kecil sistem isolasi listrik dan tidak menjembatani ruang antara dua konduktor secara sempurna. Peluahan sebagian dapat terjadi pada bahan isolasi padat, bahan isolasi cair maupun bahan isolasi gas. Secara umum peluahan sebagian dapat dinyatakan sebagai pulsa dengan durasi waktu yang sangat singkat.

Berdasarkan lokasi terjadinya, peluahan sebagian dapat dikategorikan sebagai peluahan permukaan, peluahan di dalam bahan isolasi dan korona [3]. Peluahan pemukaan terjadi pada permukaan bahan isolasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.a. Peluahan di dalam bahan isolasi terjadi akibat adanya ketidaksempurnaan pada bagian dalam bahan isolasi (Gambar 2.1.b). Ketidaksempurnaan bahan dapat berupa adanya rongga udara atau adanya partikel kontaminan seperti serpihan logam atau bahan-bahan konduktif lainnya. Sedangkan korona merupakan

peluahan sebagian yang terjadi di bagian yang runcing pada konduktor metal (Gambar 2.1.c).



Gambar 2.1 Jenis - jenis sumber peluahan sebagian : (a) peluahan korona, (b) peluahan permukaan dan (c) peluahan rongga [3]

A.1 Metode Pendeteksian Peluahan Sebagian

Peluahan sebagian dapat dideteksi berdasarkan produk yang dihasilkan pada saat terjadinya peluahan sebagian, seperti lompatan muatan, suara, gas, panas, gelombang elektromagnetik, dll. Secara umum pendeteksian peluahan sebagian dapat dibagi dalam dua bagian besar pendeteksian peluahan sebagian, yakni konvensional dan non konvensional [8].

Pendeteksian peluahan sebagian dengan cara konvensional menggunakan cara pendeteksian kopling langsung, alat pendeteksian dirangkai secara parallel dengan benda uji. Komponen utama peralatan pendeteksian adalah kapasitor standar yang dirangkai secara parallel dengan dengan benda uji. Jika terjadi peluahan sebagian pada benda uji, maka ekivalen muatan yang sama akan mengalir dari kapasitor. Perubahan muatan pada kapasitor inilah yang akan ditangkap oleh alat ukur.

Pendeteksian peluahan sebagian dengan cara non-konvensional antara lain:

1. DGA (Dissolved Gas Analysis)

Pendeteksian ini dilakukan dengan menganalisis komposisi gas pada minyak transformator. Dengan mengetahui komposisi gas yang terperangkap pada minyak transformer maka ada atau tidaknya peluahan sebagian dapat diketahui dan juga jenis peluahan sebagian.

2. Suara

Peluahan sebagian akan menghasilkan suara yang dapat didetaksi dengan menggunakan perangkat pendeteksi suara. Frekuensi suara yang dihasilkan pada peristiwa peluahan sebagian merupakan rentang frekuensi tinggi, sehingga pendeteksian dilakukan dengan menggunakan perangkat yang mampu mendeteksi suara ultrasonik. Penggunaan teknik pendeteksian ini mudah dan dapat digunakan untuk mengetahui kondisi peluahan sebagian dalam suatu isolasi, termasuk dalam sistem isolasi gas.

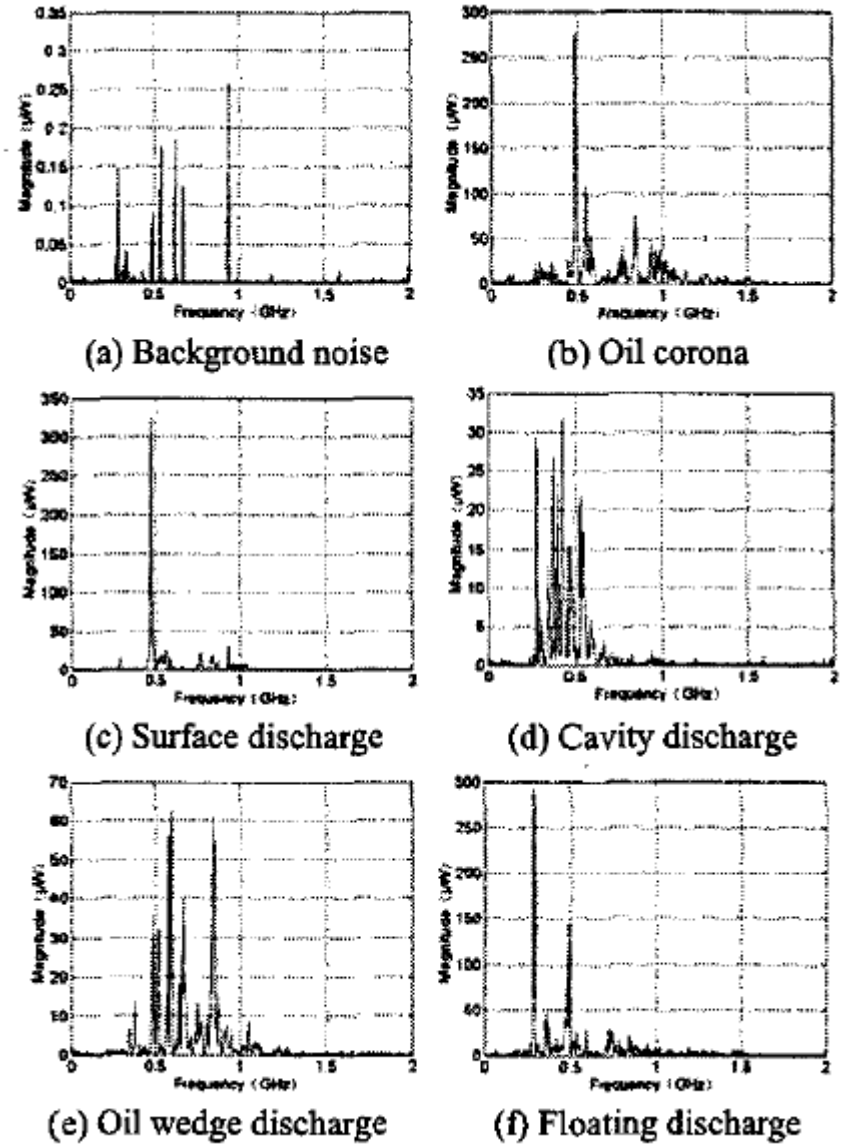
3. Sinyal Elektromagnetik

Pendeteksian dengan metode ini didasarkan pada prinsip pendeteksian sinyal elektromagnetik yang dihasilkan pada proses peluahan sebagian. Sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh peluahan, dideteksi dan ditangkap dengan menggunakan sensor yang sesuai.

Saat ini metode elektromagnetik juga telah diupayakan untuk aplikasi pendeteksian peluahan pada transformator [9].

A.2. Gelombang sinyal Peluahan Sebagian

Sumber peluahan sebagian yang berbeda akan menghasilkan pola peluahan sebagian yang berbeda pula. Sehingga sumber peluahan sebagian dapat diperkirakan dari pola peluahan sebagian yang teramati.



Gambar 2.2 Bentuk sinyal peluahan sebagian dari beberapa model kasus [1]

Pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti [1] yang mengamati rentang frekuensi yang dihasilkan oleh sumber saat terjadinya peluahan sebagian, diketahui bahwa perbedaan rentang frekuensi waktu peluahan yang terjadi pada

internal discharge dengan rentang frekuensi 300-800 MHz, oil wedge discharge dengan range 50-800 MHz dan surface discharge 50-650 MHz (Gambar 2.2). Durasi sinyal yang dihasilkan dalam percobaan ini adalah dengan waktu berkisar 100 ns [8]. Dari penelitian tersebut didapat bawha magnitude pada sinyal peluahan sebagian dapat dilakukan dengan melihat besar magnitude pada saat terjadinya peluahan.

B. Derau

B.1 Definisi derau (*noise*)

Derau atau yang biasa disebut *noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), elektris, maupun elektronis yang hadir dalam suatu sistem (rangkaian listrik/ elektronika) dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan sinyal yang diinginkan.

Jenis-jenis Derau

Pada umumnya ada dua jenis utama dari noise, impuls (*impulse*) dan kontinyu/terus menerus (*continous*). Derau impuls timbul berbentuk acak seperti timbul-tenggelam dan kresek (*crackle*) atau stabil. Amplitudo jenis derau dapat sangat bervariasi. Derau kontinyu seperti *AM broadcast*, atau *white noise* cenderung konsisten untuk mempertahankan magnitude-nya.

Sering kali, derau kontinyu tidak terlalu besar untuk membuat masalah dalam suatu sinyal. Ketika tingkat derau melebihi ambang batas, langkah-langkah harus diambil untuk menghilangkan *noise*, dengan tidak mempengaruhi sinyal peluahan sebagian itu sendiri. [2]

Efek noise

Derau dapat memberikan efek gangguan pada sistem komunikasi dalam 3 area:

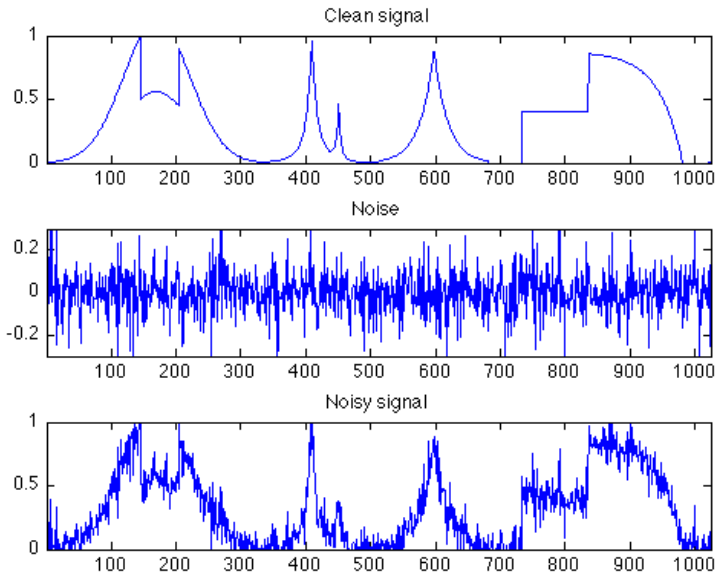
1. Derau menyebabkan pendengar tidak mengerti dengan sinyal asli yang disampaikan atau bahkan tidak mengerti dengan seluruh sinyal

2. Derau dapat menyebabkan kegagalan dalam sistem penerimaan sinyal.

3. Derau juga mengakibatkan sistem yang tidak efisien

B.2 Bentuk sinyal derau

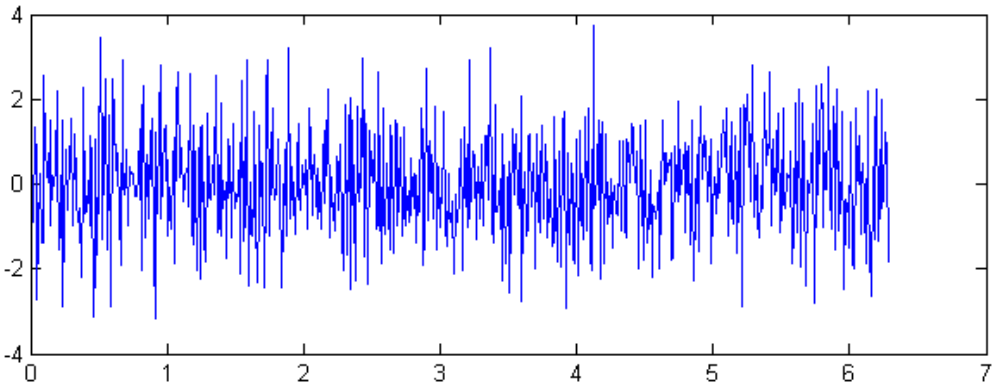
Dalam sistem komunikasi, derau merupakan hal yang dapat mengubah sinyal saat penerimaan, penyimpanan, transmisi, pemrosesan atau pengubahan. Derau biasanya dianggap sebagai sinyal pengganggu, yang kebanyakan tidak mengandung informasi apapun, namun menggangu suatu sinyal, baik sengaja maupun tidak.



Gambar 2.3 Sinyal yang terganggu oleh kehadiran noise

Terdapat banyak derau yang telah diidentifikasi, beberapa diantaranya *additive noise*, *multiplicative*, *quantization*, *poisson*, *shot*, *transient*, *burst* dan *phase*. Salah

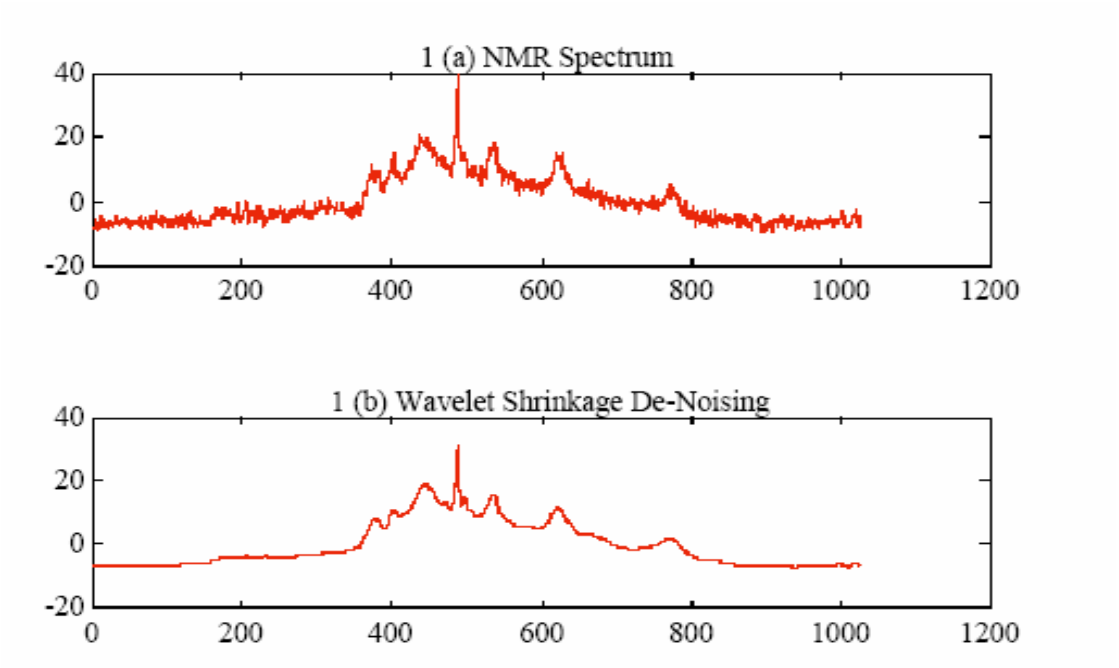
satu bentuk *additive* derau adalah derau putih *(white noise)*. *White noise* adalah sinyal acak dengan nilai kepadatan spektral daya yang konstan. *White noise* biasa digunakan untuk model statistik untuk sinyal dan sumber sinyal. Jika setiap sampel sinyal memiliki distribusi dengan nilai rata-rata nol, sinyal tersebut dikatakan sebagai Derau Putih Gaussian (*Gaussian White Noise*). Gambar 2.4 menunjukkan sebuah sinyal derau putih gaussian.



Gambar 2.4 Gaussian White Noise

C. Teknik Denoising / Penghilangan Derau

Denoising atau penghilangan derau adalah suatu proses pengekstraksian sinyal dari suatu bentuk sinyal yang tergabung dengan noise. Tujuan proses ini adalah untuk mendapatkan sinyal asli dari suatu sinyal yang telah terimbas oleh derau, atau setidaknya mengurangi dampak dari derau tersebut. Untuk dapat melihat efek dari penghilangan derau pada sinyal yang terimbas oleh derau dapat diihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk sinyal sebelum di penghilangan derau (a), dan setelah diberikan teknik penghilangan derau (b)

Terdapat beberapa teknik penghilangan derau, yakni teknik fourier dan wavelet.

C.1. Fourier

Salah satu teknik penghilangan derau dengan menggunakan memanfaatkan distribusi uniform dan konstanta laplace sebagai faktor pengali. Transformasi fourier membuat pemrosesan sinyal dalam bentuk informasi frekuensi dari sebuah sinyal.

Fast Fourier Transform (FFT) yang ditemukan tahun 1965 merupakan pengembangan dari *Fourier Transform* (FT). Penemu FT adalah J. Fourier pada tahun 1822. FT membagi sebuah sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda dalam fungsi eksponensial yang kompleks.

Fast Fourier Transform (FFT) didefinisikan sebagai metode yang sangat efisien untuk menghitung koefisien dari Fourier diskrit ke suatu finite sekuen dari data

yang kompleks. Karena substansi waktu yang tersimpan lebih dari pada metoda konvensional, fast fourier transform merupakan aplikasi temuan yang penting didalam sejumlah bidang yang berbeda seperti analisis spektrum, *speech* and *optical signal processing*, *design filter digital*. Algoritma FFT berdasarkan atas prinsip pokok dekomposisi perhitungan discrete fourier transform dari suatu sekuen sepanjang N kedalam transformasi diskrit Fourier secara berturut-turut lebih kecil. Cara prinsip ini diterapkan memimpin ke arah suatu variasi dari algortima yang berbeda, di mana semuanya memperbandingkan peningkatan kecepatan perhitungan.

Fast Fourier Transform, adalah suatu algoritma untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal-sinyal dalam sistem komunikasi yang bersifat kontinyu, sehingga untuk kasus sinyal kontinyu kita gunakan transformasi fourier. Transformasi Fourier didefinisikan oleh persamaan (1) berikut.

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad \text{.....} \quad (1)$$

Dimana s(f) adalah sinyal dalam domain frekuensi (frequency domain), s(t) adalah sinyal dalam domain waktu (time domain), dan $e^{-j2\pi f t}$ adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal, f adalah frekuensi dan t adalah waktu.

FFT merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spektrum suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa spektrum frekuensi suara yang telah direkam. [10]

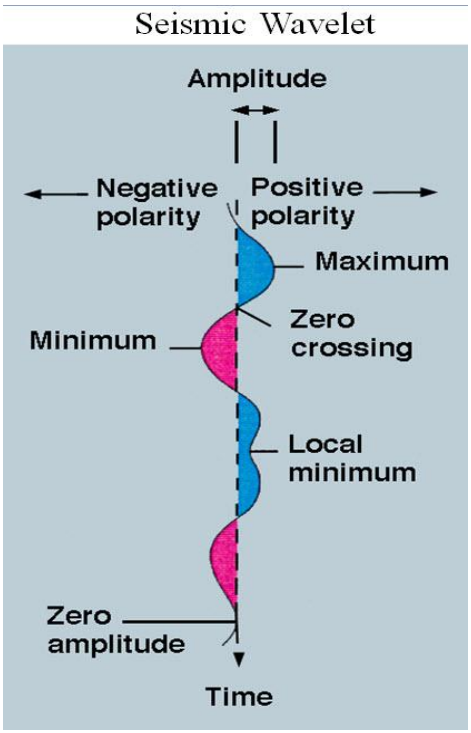
C.2. Wavelet

Transformasi fourier berdasarkan analisa spektral merupakan cara analisis yang banyak dipakai untuk analisis domain frekuensi. Namun, transformasi fourier tidak dapat memberikan informasi tentang perubahan spektrum terhadap waktu. Fourier Transform mengasumsikan sinyal stasioner, tetapi sinyal peluahan sebagian selalu non-stasioner. Untuk mengatasi kekurangan ini, pengubahan metode transformasi fourier untuk waktu yang lebih pendek, sehingga memungkinkan untuk mewakili sinyal di kedua domain, waktu dan domain frekuensi melalui waktu fungsi windowing. Panjang jendela menentukan waktu konstan dan resolusi frekuensi. Dengan demikian, waktu yang lebih pendek windowing digunakan untuk menangkap perilaku transien sinyal, kita mengorbankan resolusi frekuensi. [12]

Wavelet merupakan sinyal yang berosilasi, dengan amplitudo yang dimulai dari titik nol, meningkat dan turun kembali ke titik nol. Gelombang ini sering digambarkan sebagai osilasi singkat, seperti yang dapat terlihat pada sinyal hasil seismograf atau alat monitor detak jantung. Secara umum, wavelet dibuat untuk memiliki sifat yang dapat membuatnya dapat berguna untuk pemrosesan sinyal. Wavelet dapat digunakan tergabung dengan menggunakan teknik *reverse* (membalik), *shift* (menukar), multiplikasi dan integrasi, yang sering disebut teknik konvolusi. Teknik penghilangan derau wavelet merupakan teknik penghilangan derau yang berkembang belakangan ini. Kata Wavelet dikemukakan oleh Morlet dan Grossmann pada awal tahun 1980. Dalam bahasa Prancis '*ondelette*' yang berarti gelombang kecil. Dan setelah itu dalam bahasa Inggris kata 'onde' diganti menjadi wave sehingga menjadi Wavelet. Kata wavelet biasa digunakan sebagai

penunjuk gelombang tertentu yang memiliki energi yang terkonsentrasi pada suatu letak yang tidak tetap. [4]

Inti dari transformasi wavelet adalah sebuah transformasi yang dapat memberikan perubahan pada domain waktu, namun tidak mengubah bentuk dari gelombang dasar tersebut. Cara ini didapatkan dengan memilih fungsi dasar yang tepat. Bentuk gelombang wavelet ditunjukkan dalam gambar 2.6.

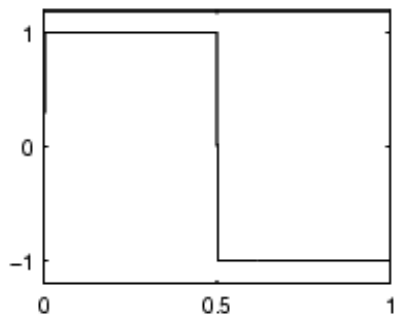


Gambar 2.6 Bentuk gelombang Wavelet

Tipe Wavelet [13]

a. Wavelet Haar

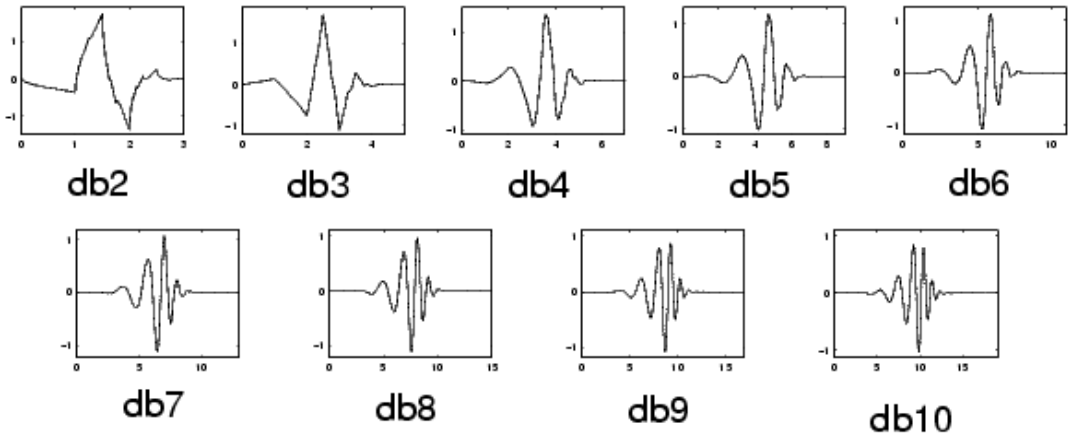
Wavelet Haar adalah Wavelet yang paling tua dan sederhana. Wavelet Haar sama dengan Wavelet Db1 (Daubechies orde 1). Panjang tapis Wavelet Haar adalah 2.



Gambar 2.7 Wavelet Haar

b. Wavelet Daubechies

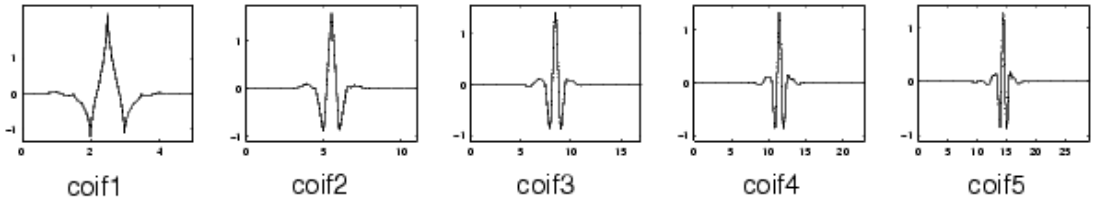
Wavelet Daubechies memiliki nama pendek Db, dan untuk orde N dituliskan dengan dbN. Orde Wavelet Daubechies adalah N=1 atau Haar, N=2,…, N=45. Panjang tapis Wavelet daubechies adalah 2N.



Gambar 2.8 Wavelet Daubechies

c. Wavelet Coiflet

Wavelet Coiflet memiliki nama pendek Coif, dan untuk orde N dituliskan dengan CoifN. Panjang tapis Wavelet Coiflet adalah 6N.

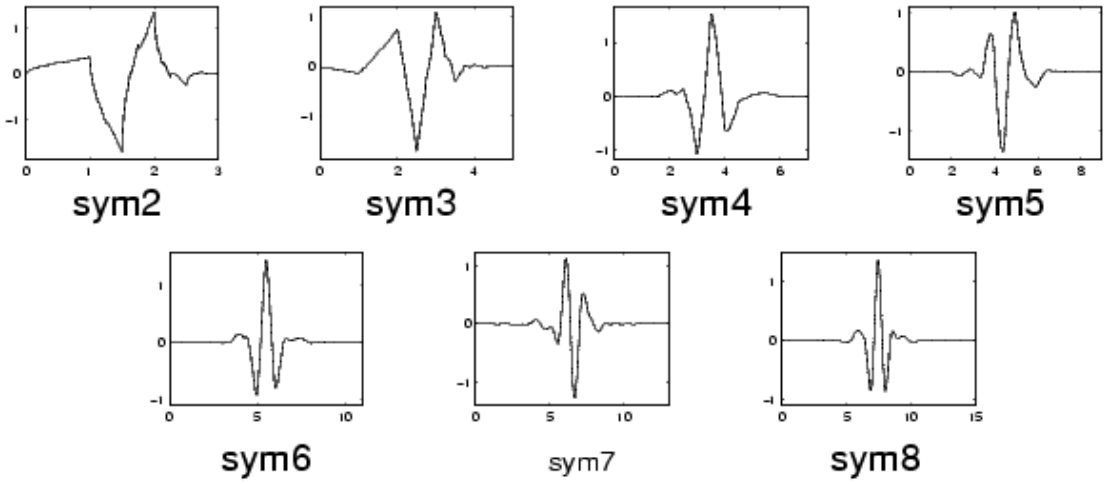


Gambar 2.9 Wavelet Coiflet

d. Wavelet Symlet

Wavelet Symlet memiliki nama pendek sym, untuk orde N dituliskan dengan SymN. Wavelet Symlet memiliki orde N=2,…,45.

Panjang tapis untuk Wavelet Symlet adalah 2N.



Gambar 2.10 Wavelet Symlet

Peningkatan ordo wavelet daubechies mempengaruhi nilai PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) citra hasil penghilangan derau. Semakin besar ordo wavelet daubechies, semakin besar nilai PSNR citra hasil penghilangan derau yang dihasilkan.

e. Wavelet [16]

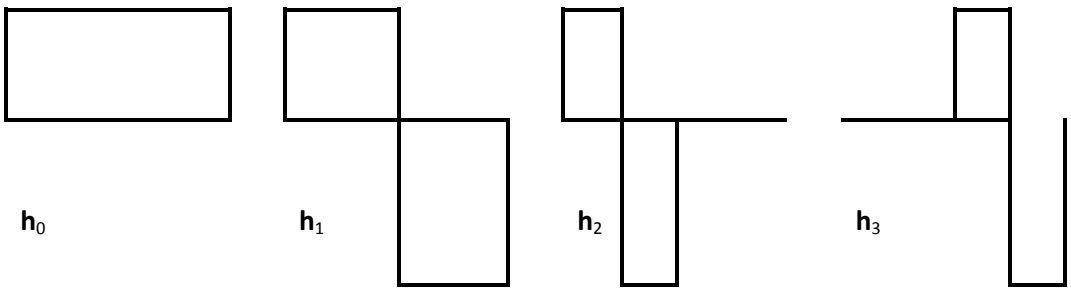
Untuk lebih memperjelas teori dari wavelet, mari kita lihat contoh wavelet Haar berikut ini. Wavelet Haar dapat dijelaskan dalam ruang vektor 4 dimensi. Basis paling sederhana yang sudah sering kita gunakan adalah basis orthonormal seperti persamaan (2).

$$\mathbf{v}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{v}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{v}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{v}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (2)$$

Wavelet Haar juga merentang ruang vektor 4 dimensi dengan vektor-vektor basis seperti persamaan (3).

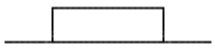
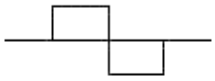
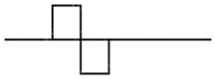
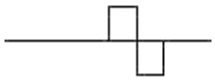
$$\mathbf{h}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{h}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}, \mathbf{h}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{h}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (3)$$

Jika digambarkan dalam bentuk sinyal akan berbentuk seperti gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Bentuk sinyal vektor basis

Tabel 2.1 Bentuk sinyal fungsi skala dan vektor basis

Scaling Function		$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$
Mother wavelet		$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$
Mother wavelet yang didilasikan		$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
Mother wavelet yang didilasikan dan digeser		$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$

Jika kita menggunakan basis orthonormal v0, v1, v2, dan v3, mudah bagi kita untuk merepresentasikan suatu vektor sebagai kombinasi linier dari v0, v1, v2, dan v3. Misalkan kita memiliki vektor seperti persamaan (4) berikut

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ -7 \\ 5 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (4)$$

Jika kita ingin merepresentasikan vektor x tersebut dalam bentuk persamaan (5) berikut.

$$x = a\,[v0] + b\,[v1] + c\,[v2] + d\,[v3] \quad \text{.....} \quad (5)$$

maka dengan mudah kita dapat menemukan bahwa: a = 6, b = 4, c = -7, d = 5.

Sekarang kita merepresentasikan suatu vektor sebagai kombinasi linier dari vektor-vektor dalam wavelet Haar, dengan kata lain, kita menentukan akan nilai a,b,c dan d dalam persamaan (6) berikut ini :

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = a\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + b\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} + c\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + d\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (6)$$

dengan sedikit pengetahuan matematis, kita dapat menurunkan persamaan-persamaan berikut ini dari persamaan (6) di atas :

$$x_0 = a + b + c \quad \ldots\ldots \quad (7)$$
$$x_1 = a + b - c \quad \ldots\ldots \quad (8)$$
$$x_2 = a - b + d \quad \ldots\ldots \quad (9)$$
$$x_3 = a - b - d \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

sehingga kemudian kita dapatkan :

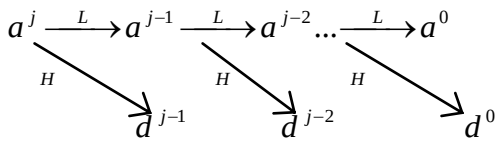
$$x_2 - x_3 = 2d \quad \ldots\ldots \quad (11)$$
$$x_0 - x_1 = 2c \quad \ldots\ldots \quad (12)$$
$$(x_0 + x_1) - (x_2 + x_3) = 4b \quad \ldots\ldots \quad (13)$$
$$(x_0 + x_1) + (x_2 + x_3) = 4a \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa

$$d = ½ (x_2 - x_3) \quad \ldots\ldots \quad (15)$$
$$c = ½ (x_0 - x_1) \quad \ldots\ldots \quad (16)$$
$$b = ½ (½ (x_0 + x_1) - ½ (x_2 + x_3)) \quad \ldots\ldots \quad (17)$$
$$a = ½ (½ (x_0 + x_1) + ½ (x_2 + x_3)) \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

Terlihat bahwa sebenarnya koefisien-koefisian a,b,c,d dapat diperoleh dari operasi *averaging* dan *differencing* terhadap nilai x_0, x_1, x_2 dan x_3 dengan aturan tertentu.

Stephane Mallat kemudian memperkenalkan cara mudah menghitung koefisien a, b, c dan d dengan cara yang dikenal dengan algoritma piramida Mallat. Algoritma tersebut dapat ditunjukkan dengan Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Algoritma Piramida Mallat

dimana a^j adalah vektor awal dengan ukuran 2^j, dan koefisien a, b, c, d dapat diperoleh dari aproksimasi a^0 detail-detail d^0, d^1 dan seterusnya. Matriks L dan H masing masing adalah matriks lowpass (*averaging*) dan highpass (*differencing*) dengan bentuk persamaan (19) sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} c_0 & c_1 & c_2 & c_3 & & & \cdots & \\ & & c_0 & c_1 & c_2 & c_3 & & \cdots \\ . & & & & . & & & \\ . & & & & & . & c_0 & c_1 & c_2 & c_3 \\ .c_2 & c_3 & & & & & . & c_0 & c_1 \end{bmatrix} \quad H = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} c_3 & -c_2 & c_1 & -c_0 & & & \cdots & \\ & & c_3 & -c_2 & c_1 & -c_0 & & \cdots \\ . & & & & . & & & \\ . & & & & & . & c_3 & -c_2 & c_1 & -c_0 \\ .c_1 & -c_0 & & & & & . & c_3 & -c_2 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (19)$$

Matriks L dan H untuk basis Haar dimana $c_0 = c_1 = 1$ menjadi persamaan (20)

$$L = \begin{bmatrix} ½ & ½ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ½ & ½ \end{bmatrix} \qquad H = \begin{bmatrix} ½ & -½ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ½ & -½ \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (20)$$

Proses mencari koefisien a, b, c dan d seperti ini disebut dengan proses dekomposisi. Sebagai contoh, untuk vektor **x** di atas kita akan dekomposisi menjadi Gambar 2.13 berikut.

$$a^2 = \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ -7 \\ 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{L=\begin{bmatrix} ½ & ½ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ½ & ½ \end{bmatrix}} a^1 = \begin{bmatrix} 5 \\ -1 \end{bmatrix} \xrightarrow{L=\begin{bmatrix} ½ & ½ \end{bmatrix}} a^0 = [2]$$

$$H = \begin{bmatrix} ½ & -½ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ½ & -½ \end{bmatrix} \qquad H = \begin{bmatrix} ½ & -½ \end{bmatrix}$$

$$d^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -6 \end{bmatrix} \qquad d^0 = [3]$$

Gambar 2.13 Hasil dekomposisi sinyal wavelet haar

Nilai a, b, c dan d pada Gambar 2.13 kemudian dapat kita peroleh dengan melihat nilai aproksimasi terakhir a^0 dan semua nilai-nilai detail d^0,d^1 dan d^1 sehingga didapatkan persamaan-persamaan berikut:

$a = ½ (½ (x_0 + x_1) + ½ (x_2 + x_3)) = a^0 = 2$ ..... (21)

$b = ½ (½ (x_0 + x_1) – ½ (x_2 + x_3)) = d^0 = 3$ ..... (22)

$c = ½ (x_0 – x_1) = d^1(0) = 1$ ..... (23)

$d = ½ (x_2 – x_3) = d^1(1) = -6$ ..... (24)

sehingga didapatkan bentuk dekomposisi akhir seperti Persamaan (25) berikut:

$$\begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ -7 \\ 5 \end{bmatrix} = 2\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + 3\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} + 1\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + (-6)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \text{.....} \quad (25)$$

D. Korelasi Silang (Cross Correlation)

Korelasi adalah sebuah operasi matematika antara dua sinyal yang menghasilkan nilai korelasi. Nilai korelasi ini lazim disebut korelasi silang antara dua sinyal. Terapan dari korelasi ini dalam bidang olah sinyal cukup banyak, misalnya dalam sistem radar, pemfilteran sinyal yang lemah yang terkontaminasi oleh sinyal derau dan untuk pengukuran kecepatan gerak benda.

Korelasi Silang (*Cross Correlation*) merupakan cara mengukur kesamaan dua buah fungsi sebagai lag yang berkorelasi satu dengan yang lain. Cara ini sering digunakan pada sinyal panjang untuk mencari parameter tertentu. Sebagai contoh, digunakan sinyal x(t) dan y(t) yang memiliki perbedaan pada letak sumbu x. Korelasi silang antara dua data acak x(t) dan y(t) menggambarkan tingkat ketergantungan antara nilai-nilai data acak pertama dan nilai-nilai data acak kedua. Penggunaan korelasi silang ini ditujukan untuk mengetahui seberapa banyak sinyal y(t) harus bergeser untuk membuat sinyal y(t) sama seperti sinyal x(t).

Algoritma Korelasi Silang banyak digunakan untuk mengetahui kemiripan suatu sinyal atau menghitung waktu tunda (*delay*) sinyal satu terhadap sinyal lainnya. Penjabaran dalam bentuk rumus adalah seperti persamaan (25):

$$(x * y)(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(t) g\ (t + \tau) dt \quad \text{.....} (25)$$

dimana x dan y adalah fungsi x(t) dan y(t), dan τ adalah delay.

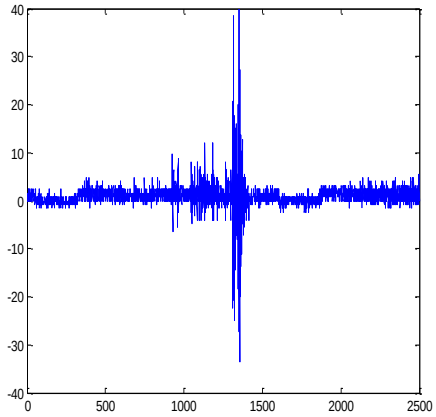
E. Penelitian Terdahulu (Luqvi Rizki dan Jumanto S. Panjaitan) mengenai pendeteksian peluahan sebagian menggunakan metode elektromagnetik

Dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu (Luqvi Rizki dan Jumanto S. Panjaitan) diketahui besaran magnitudo yang dihasilkan oleh peluahan sebagian, yang menggunakan pendeteksian elektromagnetik dengan 3 (tiga) sumber peluahan (permukaan, rongga dan korona).

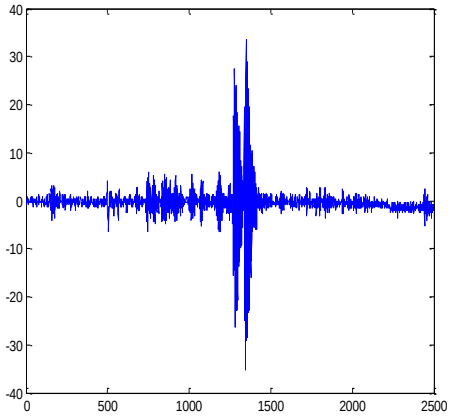
Tabel 2.2 Data hasil pengujian besarnya magnitudo peluahan sebagian

Jenis Sumber Peluahan	Magnitudo Terendah (mv)	Magnitudo Tertinggi(mv)	Magnitudo Rata – Rata (mv)
Permukaan	29.6	43.6	34.169
Rongga	31.2	44.8	37.4756
Korona	40.8	88.8	53.2978

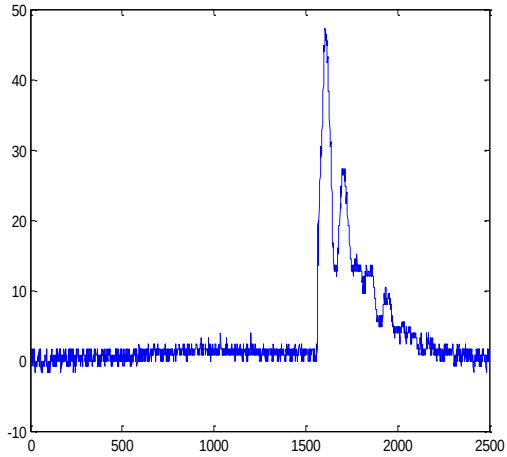
Dari penelitan yang dilakukan, dihasilkan Tabel 2.2, bentuk gelombang yang dihasilkan oleh peluahan sebagian yang diamati. Perbandingan besar magnitudo peluahan sebagian dapat dilihat pada Gambar 2.14.



a. Peluahan jenis permukaan



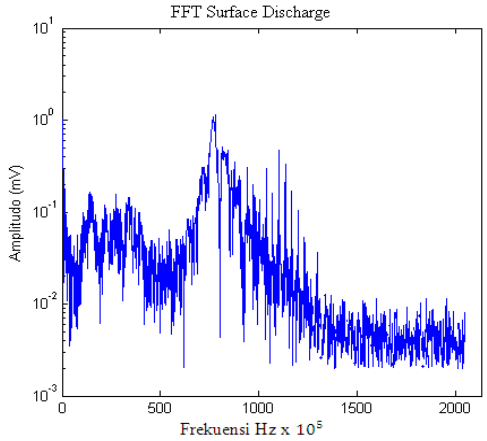
b. Peluahan jenis rongga



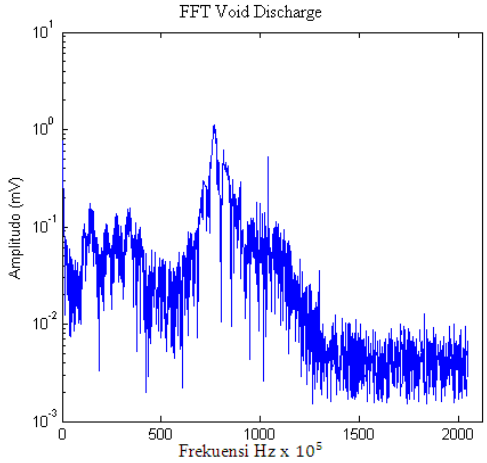
c. Peluahan korona

Gambar 2.14 Magnitudo peluahan permukaan (a), rongga (b) dan korona (c).

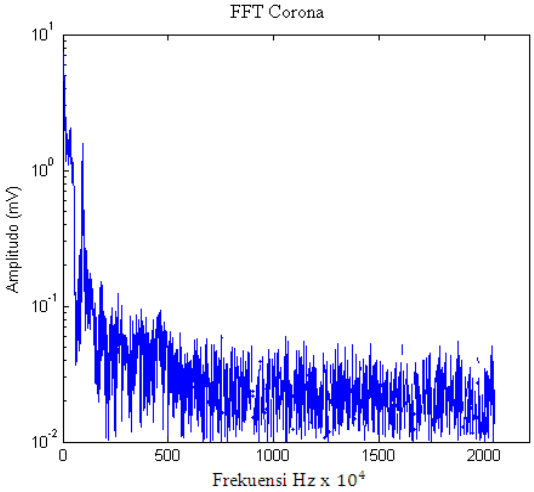
Pada percobaan yang dilakukan oleh peneliti pendahulu [6] [8] ditemukan adanya derau pada sinyal pengamatan yang dihasilkan. Peneliti tersebut telah melakukan penghilangan derau dengan menggunakan teknik FFT (Fast Fourier Transformation) yang memiliki hasil seperti Gambar 2.15 berikut:



a. Frekuensi peluahan permukaan



b.Frekuensi peluahan rongga



c. Frekuensi peluahan korona

Gambar 2.12 Hasil sinyal pengamatan setelah menggunakan FFT

Dari hasil tersebut diketahui bahwa sinyal tersebut masih terkena imbas derau meskipun penelitian tersebut dilakukan di laboratorium. Peneliti tersebut menuliskan dalam saran yang dibuat dalam tulisannya : "*Pendeteksian sinyal peluahan sebagian masih terdapat gangguan (noise) yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan metode lain dalam pemisahan derau dan sinyal peluahan*". Penulis ingin mencoba menggunakan solusi penghilangan derau dengan cara yang berbeda, yakni menggunakan wavelet multivariate, sehingga dapat mengurangi efek derau yang terdapat pada sinyal hasil peluahan tersebut. Hal ini diperlukan karena pada dalam praktek di lapangan, pendeteksian peluahan sebagian

dilakukan kebanyakan di kawasan yang memiliki derau yang cukup tinggi, dikarenakan adanya derau yang dihasilkan dari suara motor, medan elektromagnetik dan hal-hal yang tidak terduga. Sinyal hasil pendeteksian yang tidak tepat dapat menghasilkan keakuratan hasil pendeteksian yang minim pula, dan menghasilkan analisis keadaan yang menyimpang. Sehingga teknik penghilangan derau yang tepat diperlukan untuk menentukan apakah peralatan isolasi tersebut memiliki kegagalan atau masih bekerja dengan baik.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di laboratorium terpadu jurusan teknik elektro, fakultas teknik, universitas lampung dan mulai dilaksanakan pada bulan September 2015 dan akan diselesaikan bulan Febuari 2016.. Pengambilan data dan perancangan program dilakukan pada bulan September dan Oktober 2015. Proses pengujian tahap pertama dilakukan pada bulan November dan Desember 2015. Proses pengujian tahap kedua dilakukan pada bulan Januari dan Febuari 2016.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Satu Set Personal Computer

Komputer digunakan untuk menyimpan data gelombang output yang telah didapat dari percobaan sebelumnya. Output percobaan sebelumnya merupakan inputan dari percobaan yang akan dilakukan. Bentuk input merupakan gelombang yang dihasilkan pada osiloskop, dan akan diolah dengan menggunakan bantuan software Matlab. Spesifikasi komputer yang digunakan adalah dengan menggunakan OS (Operating System) Windows 7 (32 bit) dan processor dual core.

2. Software Matlab

Matlab (Matrix Laboratory) digunakan sebagai program perhitungan dan komputasi dari sampel data yang telah diambil, pembuatan sampel white noise, pembuatan grafik hasil pengujian dan analisis output pengujian.

C. Tahap Pembuatan Tugas Akhir

Adapun tahap yang akan dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini memiliki dua tahapan yakni proses denoising tahap pertama dan denoising tahap kedua:

a. Denoising tahap pertama

Denoising tahap pertama merupakan proses melakukan denoising data mentah yang didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Proses denoising ini menggunakan proses yang disebut Wavelet Multivariate. Proses Wavelet Multivariate ini merupakan suatu proses denoising yang cukup banyak dilakukan peneliti dikarenakan proses ini memberikan hasil yang lebih akurat. Adapun langkah denoising tahap pertama ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan sumber data

   Pada pengujian yang akan dilakukan, sumber data yang digunakan adalah sumber data yang telah didapat oleh pengujian yang telah diakukan oleh peneliti sebelumnya.

2. Membentuk struktur program pengujian denoising pada software MATLAB

   Pengujian dilakukan dengan menggunakan software MATLAB, tepatnya toolbox pada software tersebut. Struktur program pengujian yang akan

dipergunakan adalah proses Wavelet Design and Analysis toolbox dengan metode Multivariate Denoising.

3. Memproses sumber data ke dalam program pengujian denoising yang telah dibuat

   Pada langkah ini merupakan pemrosesan sumber data ke dalam program pengujian yang telah dibuat pada langkah sebelumnya. Dari langkah ini akan didapat nilai dan bentuk sinyal yang diasumsikan telah bebas dari noise.

4. Menampilkan hasil data pemrosesan yang telah dilakukan

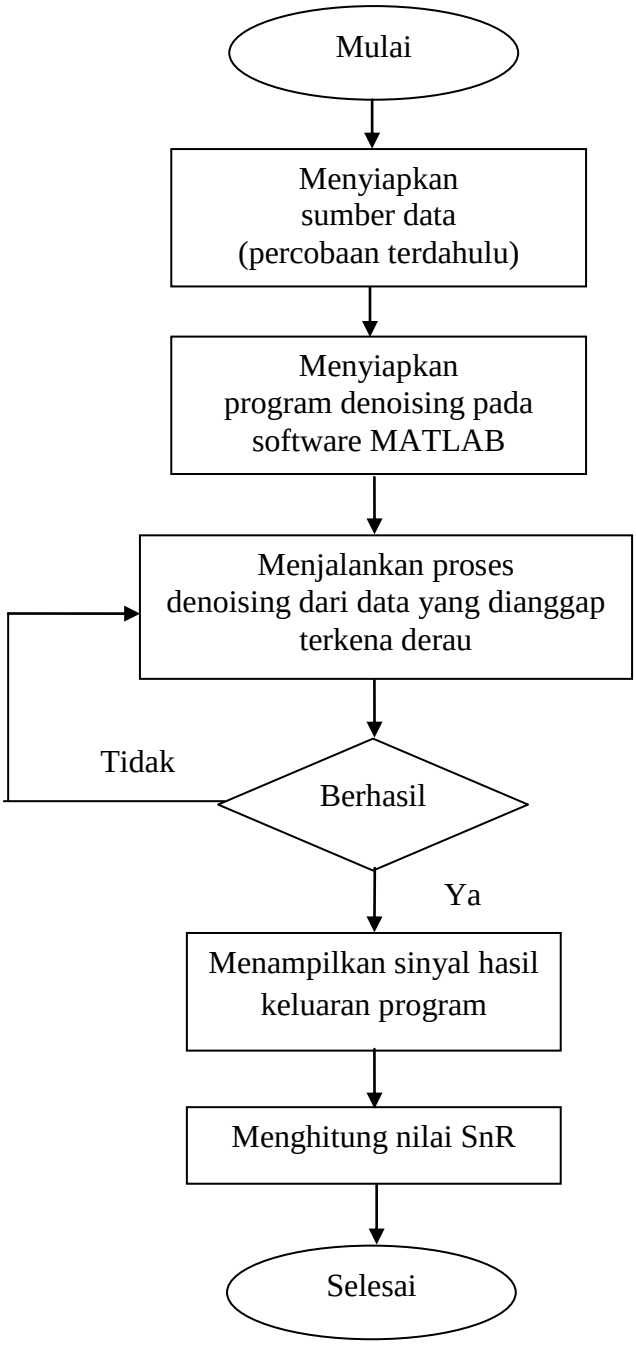
   Data yang telah diproses akan ditampilkan dalam wujud gambar plot dimana sumbu x merupakan waktu (t) dan sumbu y merupakan magnitude (v).

5. Menghitung nilai SnR

   Tahapan ini merupakan tahap perhitungan SnR (Signal to Noise Ratio) untuk menghitung seberapa besar nilai gangguan noise kepada sinyal sumber data dengan mengacu rumus sebagai berikut:

$$SnR = 10 \log \left(\frac{Psignal}{Pnoise}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

Gambar 3.1 Menunjukkan proses pengujian tahap pertama dengan menggunakan diagram alir (flowchart).



Gambar 3.1 Flowchart pengujian tahap pertama

b. Denoising tahap kedua

Denosing tahap kedua merupakan proses melakukan *denoising* pada data yang telah didapat dari *denoising* tahap pertama. Pada proses *denoising* tahap kedua ini menggunakan program denoising yang sama pada tahap pertama, dengan cara yang sama pula yakni *Wavelet Multivariate*.

Perbedaan dari tahap pertama dan tahap kedua adalah dengan memberikan sebuah *white noise* (derau putih) sebagai suatu bentuk noise pada sumber data, yakni hasil pengujian tahap pertama. Tujuan dari pemberian *white noise* tersebut adalah untuk membuktikan seberapa baik proses pemrograman *Wavelet Multivariate* ini dalam men*denoising* suatu sinyal yang telah dikotori oleh suatu noise. Untuk membandingkan hasil dari kedua tahap tersebut, pengujian ini menggunakan proses *Cross Correlation*. Adapun langkah *denoising* tahap kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan sumber data

   Pada tahapan ini sumber data yang digunakan merupakan sinyal data hasil proses tahap pertama, yakni sinyal yang diasumsikan sebagai sinyal asli yang telah dipisahkan dari noise.

2. Memberikan sinyal white noise (derau putih) pada sumber data

   White noise yang dimaksud pada langkah ini merupakan gaussian white noise yang dibuat dengan softwaare MATLAB. Setelah itu noise ditimpakan ke dalam sumber data, sehingga tercipta sebuah sinyal data yang memodelkan suatu sinyal yang memiliki noise.

3. Memproses sumber data ke dalam program denoising

   Pengujian dilakukan dengan menggunakan software MATLAB, tepatnya toolbox pada software tersebut. Struktur program pengujian yang akan dipergunakan adalah proses Wavelet Design and Analysis toolbox dengan metode Multivariate Denoising. Program ini sama dengan tahapan pertama.

4. Menampilkan hasil data pemrosesan yang telah dilakukan

Data yang telah diproses akan ditampilkan dalam wujud gambar plot dimana sumbu x merupakan waktu (t) dan sumbu y merupakan magnitude (v).

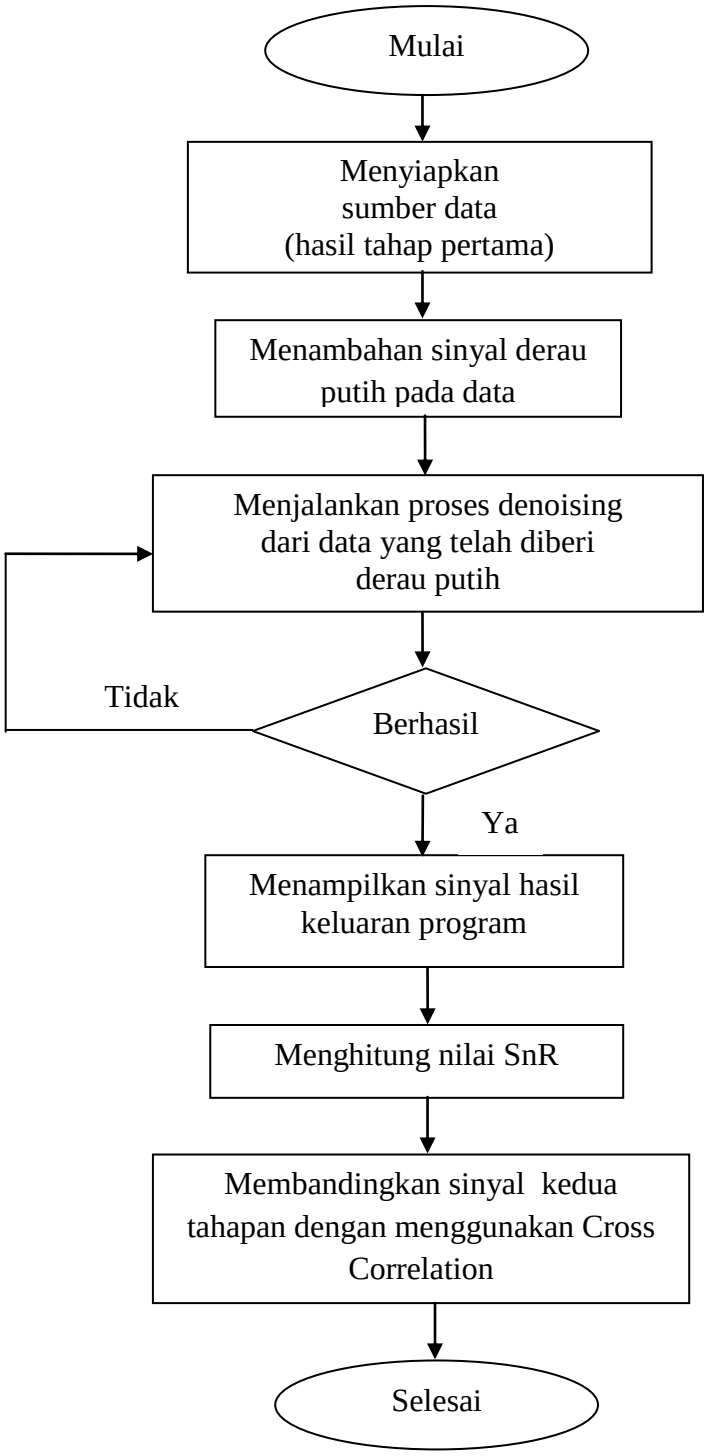
5. Menghitung nilai SnR

   Tahapan ini merupakan tahap perhitungan SnR (*Signal to Noise Ratio*) untuk menghitung seberapa besar nilai gangguan noise kepada sinyal sumber data dengan mengacu rumus (26) diatas.

6. Membandingkan hasil kedua tahapan denoising dengan proses *Cross Correlation*.

   Cross Correlation adalah proses pembandingan hasil sinyal pengujian tahap pertama dan hasil sinyal pengujian tahap kedua dari proses. Hasil dari pembandingan kedua sinyal akan menentukan seberapa baik proses *Wavelet Multivariate* dalam melakukan denoising suatu sinyal hasil dari pengujian peluahan sebagian yang telah dilakukan. Cara pembandingnya adalah dengan memasukkan kedua bentuk gelombang ke dalam bentuk correlation sequence dan membentuk fungsi sinyal yang merupakan rata" kedua sinyal tersebut dan mencocokkannya dengan gambar. Pada simulasi juga akan menampilkan hasil dalam bentuk nilai angka *Correlation Sequence*. Semakin besar nilai sequence yang dihasilkan maka akan baik pula niai kedekatan kedua sinyal tersebut.

Gambar 3.2 Menunjukkan proses pengujian tahap pertama dengan menggunakan diagram alir (flowchart).



Gambar 3.2 Flowchart pengujian tahap kedua

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan proses pengujian serta analisa data maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sinyal peluahan sebagian yang dideteksi dengan menggunakan metode elektromagnetik masih memiliki derau yang dapat mengganggu proses pendeteksian tersebut. Dengan memanfaatkan metode penghilangan derau wavelet multivariate, maka didapat sinyal peluahan sebagian yang dianggap memiliki bentuk gelombang yang lebih akurat sebagai akibat dihilangkannya derau pada sinyal tersebut.
2. Magnitude maksimum dari sinyal hasil penghilangan derau memiliki nilai yang tidak terlalu jauh dari sinyal masukan penghilangan derau. Hal ini dikarenakan sinyal yang dihilangkan oleh metode wavelet multivariate tidak terlalu mengubah bentuk dari sinyal asli, dan hanya menghilangkan sinyal yang dianggap sebagai derau.
3. Penghilangan derau dengan menggunakan metode wavelet multivariate dapat mengurangi derau sinyal yang memiliki kualitas sinyal yang buruk sekalipun. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan penghilangan derau yang dapat menghilangkan derau yang

ditambahkan pada sinyal peluahan sebagian, bahkan jika derau yang ditambahkan sangat besar.

4. Pada penggunaan metode korelasi silang, didapatkan nilai maksimum korelasi antara sinyal masukan dan hasil pada peluahan sebagian permukaan maupun rongga berada di titik tengah dari korelasi keduanya. Hal ini menandakan sinyal hasil pada tiap proses penghilangan derau tidak mengalami perubahan atau pembalikan fasa jika dibandingkan dengan sinyal masukan peluahan sebagian tersebut.
5. Kenaikan nilai magnitude derau yang ditambahkan pada sinyal peluahan sebagian akan mengurangi nilai magnitude hasil proses penghilangan derau yang dilakukan. Hal ini terjadi dikarenakan setiap kenaikan persentase sinyal derau putih, nilai derau yang dihilangkan oleh metode wavelet menjadi besar, sehingga nilai puncak magnitude juga ikut terpotong sehingga terdapat penurunan nilai magnitude tertinggi oleh metode penghilangan derau.

B. Saran

1. Penelitian lebih lanjut mengenai penghilangan derau menggunakan metode wavelet multivariate untuk metode pendeteksian beragam sumber peluahan sebagian sebaiknya dilakukan dengan menggunakan metode wavelet yang lebih beragam, dengan level juga yang lebih banyak, sehingga dapat diperoleh karakteristik gelombang peluahan sebagian yang lebih akurat dari peluahan yang menghasilkannya.

2. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan memvariasikan jenis metode wavelet, level wavelet, jenis sumber peluahan dan jenis metode penghilangan derau yang berbeda sehingga dapat membandingkan karakteristik peluahan sebagian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. C.R. Li, Wei Wang, Z.G Tang, Y.S. Ding. 2004. *PD Pattern Recognition in Transformer by Using UHF Technology*. Conference Record of the 2004 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Indianapolis, IN USA, 19-22 September 2004

[2]. Don A. Genuitis. 2009. *Noise and On-Line Partial Discharge Detection*. NETA WORLD

[3]. Frederick. H. Kreuger, 1991; *Industrial High Voltage*: Delft University Press. Netherland

[4]. Isaac Hernandez-Fajardo, Georgios Evangelatos, Ioannis Kougioumtzoglou, Xin Ming. *Signal Denoising using Wavelet-based Methods*. George R. Brown School of Engineering, Rice University, Houston, TX - USA

[5]. Jian Ye, Shuqing Li And Tao Li, Changzheng Xia.;*Study On The Uhf Technique Applied In Pd Detection*.China

[6]. Jumanto Sardion Panjaitan. 2014. *ANALISIS PELUAHAN SEBAGIAN DI UDARA MENGGUNAKAN METODE ELEKTROMAGNETIK*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

[7]. K. Lonngren and S. Savov. 2005. *Fundamentals of Electromagnetics with MATLAB,1st ed*., SciTech Publishing

[8]. Luqvi Rizki Syahputra. 2014 *PENDETEKSIAN BERAGAM SUMBER PELUAHAN SEBAGIAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MEDAN ELEKTROMAGNETIK*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

[9]. M. D. Judd, G. P. Cleary, C. J. Bennoch And J. S. Pearson. 2002;*Power Transformer Monitoring Using UHF Sensors* : Site Trials.USA

[10]. M. Muhr, T. Strehl, E. Gulski, K. Feser, E. Gockenbach, And W. Hauschild,. 2006.*Sensors And Sensing Used For Non-Conventional PD Detection, Ref No: Dl-102*, Cigré

[11]. Martin D. Judd, L. Yang, And I. B. B. Hunter, 2005b; *Partial Discharge Monitoring For Power Transformers Using Uhf Sensors Part 2: Field Experience*, Ieee Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, No. 3, Pp. 5-13

[12]. Reonaldo Yohanes Sipasulta, Arie.S.M. Lumenta ST, MT., Sherwin R.U.A. Sompie, ST, MT. 2014. *Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform).* Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado

[13]. S. Rudd, S. D. J. McArthur and M. D. Judd. 2010. *A Generic Knowledge-based Approach to the Analysis of Partial Discharge*. University of Strathclyde Institute for Energy and Environment. Glasgow

[14]. SJS Tsai. (2002). *Chapter 4 Wavelet Transform and Denoising*.

[15]. Swastiti Vinana Sari, Achmad Hidayatno, Abdul Syakur. 2008. *Aplikasi Transformasi Wavelet Untuk Menghilangkan Derau Pada Sinyal Peluahan Sebagian*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

[16]. Chahyati, Dina. (2003). *Wavelet*. Draft Tesis UI, Jakarta