

# Deteksi Gangguan pada Saluran Transmisi Menggunakan *Wavelet* dan *Discriminant Analysis*

Febrianto Wahyu Utomo, I.G.N Satriyadi Hernanda, Dimas Anton Asfani  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
e-mail: anton@ee.its.ac.id

**Abstrak**—Sistem transmisi merupakan bagian penghubung antara pusat pembangkit tenaga karena saluran listrik dengan sistem distribusi yang akan diteruskan ke pusat-pusat beban. Penentuan gangguan pada saluran transmisi sangat penting untuk mempercepat proses perbaikan. Jika terjadi hubung singkat dengan resistansi begitu besar akan mengakibatkan arus gangguan sama dengan arus nominal. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan kerugian yang tak terdeteksi. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penentuan gangguan yaitu dengan menggunakan kombinasi transformasi *wavelet* dan *discriminant analysis*. Transformasi *wavelet* digunakan untuk mengolah sinyal gangguan (*transient*) yang akan menghasilkan variabel input yang mempunyai korelasi dengan jenis gangguan. Pola antara variabel input dan jenis gangguan ini akan diklasifikasikan oleh *discriminant analysis* menggunakan *Linear Discriminant Analysis (LDA)* dan *Quadratic Discriminant Analysis (QDA)* untuk sistem deteksi jenis gangguan pada saluran transmisi.

Variabel input dari ketiga *mother wavelet* memiliki nilai yang berbeda pada setiap kondisi gangguan yang sama namun tidak jauh berbeda untuk nilai tiap levelnya. Berdasarkan Hasil Simulasi dengan menggunakan LDA, *mother wavelet* terbaik dalam mengenali pola jenis gangguan pada saluran transmisi adalah *wavelet* haar level kelima sedangkan ketika menggunakan QDA, *mother wavelet* terbaik adalah *wavelet discrete meyer* pada level kelima. Dimana *wavelet* tersebut memiliki *error* paling kecil dibandingkan *mother wavelet* yang lain.

**Kata Kunci**—deteksi gangguan, saluran transmisi, transformasi *wavelet*, *discriminant analysis*.

## I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik seperti yang telah dijelaskan pada [1]. Dalam menentukan gangguan pada saluran transmisi telah menjadi salah satu perhatian utama dalam ketenagalistrikan. Karena saluran transmisi merupakan salah satu bagian penghubung antara pusat-pusat tenaga listrik dengan sistem distribusi yang memiliki peran yang sangat vital dalam sistem tenaga. Akan tetapi, saluran transmisi juga merupakan bagian sistem tenaga yang seringkali mengalami gangguan yaitu gangguan hubung singkat pada khususnya [2]. Metode penentuan gangguan hubung singkat pada sistem tenaga yang diperkenalkan sejauh ini, dapat dikelompokkan secara luas ke dalam dua kategori, yaitu metode yang pertama berdasarkan komponen-komponen frekuensi daya dan metode kedua berdasarkan sinyal-sinyal gangguan transien pada frekuensi yang lebih tinggi [1]. Kategori yang kedua yaitu teori gelombang berjalan merupakan sebuah diskriminan atau pola grafis yang digambarkan berdasarkan pada gelombang tegangan dan arus transien dalam bentuk hubungan silang antara nilai-nilai puncak kedatangan di titik pengukuran dari

gelombang berjalan maju dan mundur. Pola grafis ini menunjukkan perkiraan waktu tempuh sinyal-sinyal transien dari sumber sinyal ke gangguan [3]. Metode tersebut adalah untuk mencari lokasi gangguan. Namun bagaimana jika resistansi begitu besar dan mengakibatkan arus gangguan sama dengan arus nominal. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan kerugian yang tak terdeteksi.

Dalam Tugas Akhir ini, disajikan suatu metode pendekatan berdasarkan pada Transformasi *wavelet* dari sinyal gangguan transien tersebut yang akan dikombinasikan dengan *Discriminant Analysis*. Transformasi *wavelet* dapat memetakan suatu fungsi yang ditetapkan dari daerah frekuensi menjadi skala waktu. Fungsi dasar yang digunakan dalam Transformasi *wavelet*, memiliki karakteristik *bandpass* yang membuat pemetaan ini serupa dengan pemetaan dalam bentuk frekuensi waktu. Tidak seperti fungsi-fungsi dasar yang digunakan dalam analisa *Fourier*, *wavelet* tidak hanya dibatasi pada frekuensi, tapi juga pada waktu. Pembatasan atau penempatan ini memperhitungkan deteksi waktu dari kejadian gangguan-gangguan yang terjadi secara tiba-tiba, seperti gangguan transien dan akan menghasilkan variabel input yang mempunyai korelasi dengan gangguan. Dimana pola antara variabel input dan jarak gangguan ini akan diklasifikasikan oleh *discriminant analysis*. Analisis diskriminan (*discriminant analysis*) adalah teknik multivariat untuk memisahkan objek-objek dalam kelompok yang berbeda dan mengelompokkan objek baru ke dalam kelompok-kelompok tersebut. Gangguan yang dihasilkan gelombang berjalan nampak seperti halnya gangguan yang terjadi pada sinyal frekuensi daya yang dicatat pemancar sinyal. Pengolahan sinyal-sinyal dengan menggunakan Transformasi *Wavelet* serta dikombinasikan dengan *discriminant analysis* akan menyatakan jenis gangguan yang terjadi.

## II. METODE KLASIFIKASI GANGGUAN

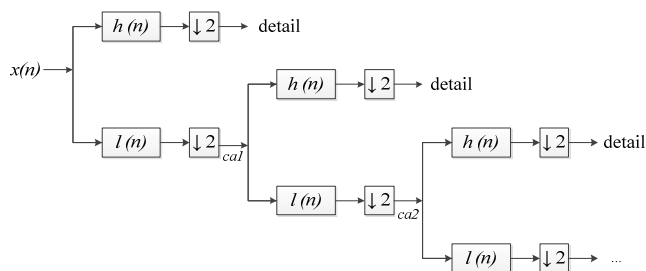
### A. Transformasi *Wavelet*

Dalam [4], dijelaskan Transformasi *wavelet* dibagi menjadi dua jenis, yaitu transformasi *wavelet* kontinyu dan transformasi *wavelet* diskrit. Dengan memberikan fungsi suatu gelombang  $f(t)$ , transformasi *wavelet* kontinyu (*continuous wavelet transform/CWT*) menghasilkan terlalu banyak koefisien transformasi *wavelet* (*wavelet transform Coefesien/WTC*). Hal ini menyebabkan data yang dihasilkan menjadi berlebihan (redundansi)[5]. Dan masalah redundansi data ini dapat diselesaikan dengan pemakaian transformasi *wavelet* diskrit (*Discrete Wavelet Transform/DWT*). Pada DWT, hanya beberapa sampel WTC

saja yang diambil. Artinya, DWT mengurangi kelebihan WTC dari CWT.

Implementasi DWT disusun berdasarkan algoritma dekomposisi Mallat. Sinyal gelombang input dipisahkan (didekomposisikan) menjadi dua sinyal. Yaitu, bagian frekuensi rendah (*low frequency*) yang disebut Aproksimasi dan bagian frekuensi tinggi (*high frequency*) yang dinamakan Detail. Dalam penggunaan suatu induk *wavelet*, DWT melakukan analisis detail melalui bagian frekuensi tinggi dari induk *wavelet* tersebut.

Sedangkan analisis aproksimasi dilakukan melalui bagian frekuensi rendah dari induk *wavelet*. Gambar 1 menunjukkan diagram dekomposisi (*decomposition diagram*) dari dekomposisi DWT yang berdasarkan algoritma Mallat. Sinyal input dibagi ke dalam dua sub-sinyal dengan bagian frekuensi rendah  $l(n)$  dan frekuensi tinggi  $h(n)$ . Sub-sinyal bagian frekuensi rendah di bagi lagi menjadi dua sub dengan frekuensi yang berbeda. Proses ini terjadi berulang ulang sesuai dengan jumlah level transformasi *wavelet* yang digunakan. Proses ini digambarkan pada Gambar 1.



Gambar. 1. Diagram Dekomposisi DWT

Berdasarkan struktur pohon tersebut, ketika dua sinyal baru dihasilkan, satu dari sinyal dibuang. Oleh karena itu, panjang dari sinyal yang terdekomposisi akan tetap sama dengan panjang sinyal mula.

**B. Discriminant Analysis**

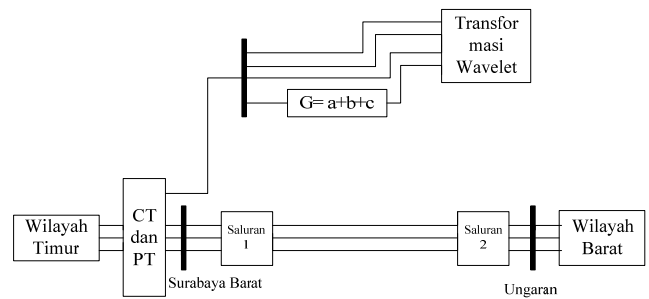
Analisis diskriminan (*discriminant analysis*) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam analisis multivariat. Analisis diskriminan termasuk ke dalam analisis multivariat metode dependensi karena alam analisis diskriminan terdapat dua jenis variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas berupa data metrik (interval dan rasio) sedangkan variabel terikatnya berupa data nonmetrik (nominal dan ordinal). Fungsi analisis diskriminan adalah memisahkan objek-objek dalam kelompok yang berbeda dan mengelompokkan objek baru ke dalam suatu kelompok. Analisis diskriminan dapat digunakan jika variabel terikatnya terdiri dari dua kelompok atau lebih. Apabila variabel terikatnya lebih dari dua kelompok, maka metode yang digunakan adalah analisis diskriminan multipel (*multiple discriminant analysis*).

Dua tujuan utama dalam pemisahan kelompok dalam analisis diskriminan, yaitu aspek deskriptif atau menggambarkan pemisahan kelompok, di mana fungsi linier variabel yang mempunyai fungsi diskriminan digunakan untuk menjelaskan perbedaan antara dua atau lebih kelompok. Dan tujuan yang kedua adalah aspek prediksi atau mengelompokkan observasi ke dalam kelompok. Fungsi linier

atau kuadratik variabel digunakan untuk menentukan unit sampel objek ke dalam salah satu kelompok. Nilai-nilai yang diukur dalam vektor observasi dari objek akan dievaluasi oleh fungsi pengelompokan untuk mencari kelompok di mana objek dipastikan termasuk di dalamnya.

**III. PEMODELAN**

Pada penelitian ini dimodelkan transmisi tenaga listrik dengan tegangan 500 kV dengan panjang saluran 250 km. Parameter yang dipakai adalah sistem saluran transmisi 500 kV Jawa-Madura- Bali (Jamali). Saluran yang dipilih adalah saluran yang menghubungkan Bus Surabaya Barat dan Bus Ungaran. Saluran ini menghubungkan dua blok pembangkit dan beban yang ada di sistem Jamali. Pemodelan menggunakan Simulink 7.7 seperti pada Gambar 2.



Gambar. 2. Pemodelan Saluran Transmisi Ungaran – Surabaya Barat[5]

Data yang dipakai dalam simulasi adalah data tegangan dan sudut dari Surabaya Barat dan Ungaran. Selain itu juga diperlukan besar arus hubung singkat yang mungkin terjadi. Untuk mengetahuinya, maka perlu dihitung besar MVA hubung singkat dan X/R *ratio* dari kedua bus. Secara singkat parameter saluran terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Parameter Sumber tiga Fasa

	Wilayah Timur	Wilayah Barat
Vrms (V)	489.000	467.000
Sudut fasa A (°)	11,868	6,108
Frekuensi (Hz)	50	50
Koneksi Internal	Yg	Yg
Short Circuit Level 3 fasa (MVA)	38623,6	18878,8
Base Voltage (Vrms ph-ph)	500.000	500.000
Rasio X/R	28	12
Bus	swing	swing

Tabel 2. Parameter Blok Penampang

Parameter	Besaran
Frekuensi (Hz)	50
$[r_1 \ r_0]$ (Ohm/km)	[0.0293 0.3864]
$[l_1 \ l_0]$ (H/km)	$[0.896 \times 10^{-3} \ 4.1264 \times 10^{-3}]$
$[c_1 \ c_0]$ (F/km)	$[12.74 \times 10^{-9} \ 7.751 \times 10^{-9}]$
lsec (km)	250

$r_1, r_0$  Resistansi urutan positif dan urutan nol / satuan panjang ( $\Omega/km$ )  
 $l_1, l_0$  Induktansi urutan positif dan urutan nol inductances / satuan panjang (H/km)



Tabel 4.  
Sb untuk gangguan LLL

Jarak dalam km (D)											
	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
<i>Fault Inception Angle (FIA)</i>											
0	14.9	15.7	15.9	16.0	16.1	16.1	16.1	16.2	16.2	16.2	16.2
20	15.8	16.1	16.2	16.2	16.2	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
40	16.2	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
60	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
80	16.8	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.3
100	17.0	16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
120	17.0	16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
140	16.9	16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
160	16.8	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.3
180	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3

Tabel 5.  
Sc untuk gangguan LLL

Jarak dalam km (D)											
	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
<i>Fault Inception Angle (FIA)</i>											
0	37.5	37.9	38.2	38.3	38.3	38.3	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
20	36.9	37.7	38.0	38.1	38.2	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3
40	36.8	37.6	38.0	38.1	38.2	38.2	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3
60	36.8	37.6	38.0	38.1	38.2	38.2	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3
80	37.0	37.7	38.0	38.2	38.2	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3
100	37.4	37.9	38.2	38.3	38.3	38.3	38.3	38.4	38.4	38.4	38.4
120	37.7	38.0	38.3	38.3	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
140	37.9	38.1	38.3	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
160	38.1	38.2	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
180	38.4	38.4	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.4

C. Discriminant Analysis

Setelah mendapatkan koefisien dari transformasi *wavelet* dengan ketiga *mother wavelet* level 1-5. Terlihat bahwa fasa yang terkena gangguan memiliki nilai S yang besar, ketika gangguan ke tanah menghasilkan nilai S yang sedang pada fasa yang tidak terkena gangguan.

Tabel 6.  
Tren Dasar dari Penjumlahan Output *Wavelet*

Kondisi Saluran Transmisi	Koefisien <i>Wavelet</i> Tiap Fasa		
	Sa	Sb	Sc
Normal	Kecil	Kecil	Kecil
Gangguan 1 Fasa ke Tanah	Besar	Sedang	Sedang
Gangguan 2 Fasa ke Tanah	Besar	Besar	Sedang
Gangguan Antar Fasa	Besar	Besar	Kecil
Gangguan 3 Fasa	Besar	Besar	Besar

Sedangkan jika gangguan tidak ke tanah (gangguan antar fasa) akan menghasilkan nilai S yang kecil pada fasa yang tidak terkena gangguan. Kondisi tersebut terangkum pada Tabel 6.

Setelah mengetahui bahwa Output dari *wavelet* mempunyai tren yang dapat diklasifikasikan, Output dari *wavelet* tersebut akan dianalisa menggunakan simulasi *discriminant analysis*. Simulasi *discriminant analysis* akan membandingkan *mother wavelet* mana yang mempunyai error paling kecil dan level *wavelet* yang mempunyai tingkat akurasi paling tinggi. Untuk mencarinya simulasi *Discriminant Analysis* ini menggunakan dua jenis tipe diskriminan yaitu menggunakan *Linear Discriminant Analysis* dan *Quadratic Discriminant Analysis*. [6]

Setiap level *wavelet* dengan *mother* yang berbeda akan diambil 80% dari jumlah data untuk di latih untuk mendapatkan pola dari setiap gangguan. Dan 20% sisanya akan digunakan untuk mengetes berapa prosentase *Discriminant Analysis* dapat mengenali tipe gangguan.

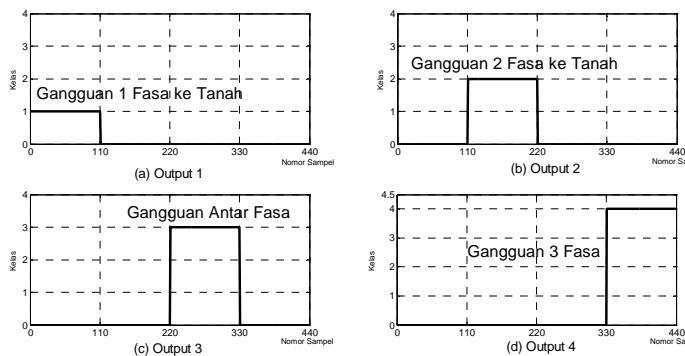
Pengambilan sampel data untuk di latih dan untuk di tes terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengambilan Sampel Data

Kasus Operasi	Data Latih dan Validasi		Data Tes	
	Jumlah Kasus	Filter	Jumlah Kasus	Filter
Gangguan 1 Fasa ke Tanah	110		20	
Gangguan 2 Fasa ke Tanah	110	Haar, Db4, Discrete	20	Haar, Db4, Discrete
Gangguan Antar Fasa	110	Meyer level 1-5	20	Meyer level 1-5
Gangguan 3 Fasa	110		20	
Total	440	15	80	15

Semua data merupakan hasil dari filter *wavelet* Haar, Db4, *Discrete* Meyer pada level 1-5. Total terdapat 520 data untuk tiap levelnya, 440 data digunakan untuk data latih dan 80 data digunakan untuk data tes. Setiap level dari masing-masing filter akan digunakan untuk mencari mother *wavelet* pada tingkat berapa yang menghasilkan nilai akurasi paling tinggi.

Setelah mendapatkan data latih untuk setiap mother *wavelet* pada setiap level, data latih digunakan untuk menguji keakuratan data tes. Namun sebelum itu dilakukan pengujian terhadap data latih itu sendiri. Pada simulasi dikondisikan pada empat kondisi, kondisi pertama adalah gangguan satu fasa ke tanah, kedua adalah dua fasa ke tanah, ketiga adalah gangguan antar fasa, dan ke empat adalah gangguan hubung singkat tiga fasa. Inisiasi kondisi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar. 5. Klasifikasi Jenis Gangguan

Pada Gambar 5 terlihat bahwa simulasi terbagi atas empat kelas. Kelas pertama pada kasus 1-110 adalah jenis gangguan satu fasa ke tanah, pada kasus 111-220 adalah jenis gangguan 2 fasa ke tanah, pada kasus 221-330 adalah jenis gangguan antar fasa dan pada kasus 331 -440 merupakan jenis gangguan hubung singkat 3 fasa. Dan hasil dari simulasi *Discriminant Analysis* dari seluruh moter *wavelet* kelima level dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. *Linear Discriminant Analysis* Data Latih

Tipe <i>Wavelet</i>	Error dengan Klasifikasi LDA Level 1-5 (%)				
	1	2	3	4	5
Haar	42,50	42,73	43,41	33,41	26,14
Db4	62,95	57,95	66,36	47,95	39,09
Dmeyer	45,45	58,86	62,50	40,91	53,86

Tabel 9. *Quadratic Discriminant Analysis* Data Latih

Tipe <i>Wavelet</i>	Error dengan Klasifikasi QDA Level 1-5 (%)				
	1	2	3	4	5
Haar	9,77	10,23	18,18	9,55	9,77
Db4	21,59	19,32	24,09	20,23	18,64
Dmeyer	3,86	21,82	23,64	16,82	2,05

Error didapatkan dengan persamaan (1).

$$Error = \frac{Jumlah\ Data\ Salah\ Prediksi}{Jumlah\ Data} \times 100\% \quad (1)$$

Sehingga dapat disimpulkan dari Tabel 8 dan Tabel 9 terlihat bahwa dengan menggunakan *Linear Discriminant Analysis* yang paling bagus adalah menggunakan *wavelet* tipe Haar pada level ke 5 dengan jumlah error 26,14% namun jika menggunakan *Quadratic Discriminant Analysis* filter yang paling bagus adalah menggunakan *wavelet* tipe *Discrete* Meyer pada level lima dengan error 2,05%. Terdapat ketidakcocokan hasil analisa dengan data sebenarnya sebanyak 9 sampel dari 440 sampel.

Setelah melakukan analisa pada data latih, kemudian dilakukan analisa terhadap data yang akan di tes. Hasil analisa data tes dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. *Linear Discriminant Analysis* Data Tes

Tipe <i>Wavelet</i>	Error dengan Klasifikasi LDA Level 1-5 (%)				
	1	2	3	4	5
Haar	43,75	43,75	35	30	28,75
Db4	60	56,25	67,5	50	41,25
Dmeyer	43,75	60	61,25	37,5	52,5

Tabel 11. *Quadratic Discriminant Analysis* Data Tes

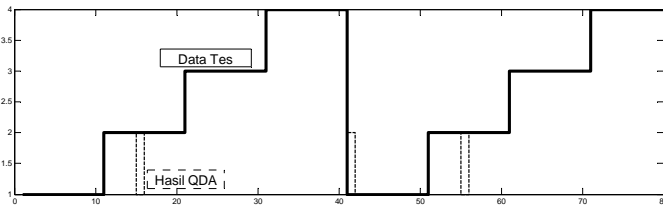
Tipe <i>Wavelet</i>	Error dengan Klasifikasi QDA Level 1-5 (%)				
	1	2	3	4	5
Haar	11,25	12,5	18,75	7,5	10
Db4	20	18,75	26,25	18,75	18,75
Dmeyer	2,5	22,5	22,5	13,75	3,75

Terlihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 hasil tes menunjukkan nilai akurasi yang tidak berbeda jauh dengan hasil analisa pada data latih. Perbedaan hanya terjadi pada *Discrete Meyer* pada level pertama dan kelima. Pada level pertama terjadi peningkatan akurasi dari 3,86% ke 2,5%, sedangkan pada level kelima terjadi penurunan akurasi dari 2,05% ke 3,75%.

Pada Gambar 6 dilakukan sebuah analisa terhadap data tes dari filter *Discrete Meyer* level kelima dan menunjukkan ketidakcocokan dengan data sebenarnya sebanyak 3 sampel dari 80 sampel.

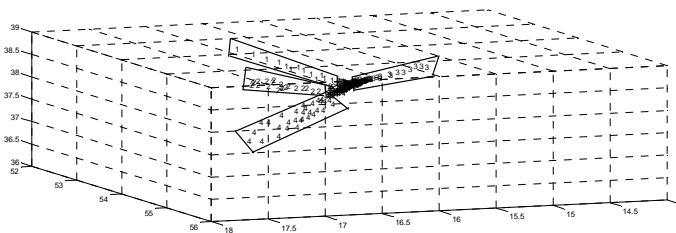
Dari analisa data latih dan data tes menggunakan LDA dan QDA dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi yang paling tinggi ditunjukkan oleh QDA dengan menggunakan filter

*Discrete Meyer* pada level kelima. Pada data latih menunjukkan ketidakcocokan 9 sampel dari 440 dan pada data tes menunjukkan ketidakcocokan 3 sampel dari 80 sampel.



Gambar. 6. Hasil Klasifikasi Data Tes *Linear Discriminant Analysis Discrete Meyer* level kelima.

Pada Gambar 7 akan ditunjukkan hasil *Quadratic Discriminant Analysis* menggunakan *wavelet* dengan filter haar pada level kelima.



Gambar. 7. Hasil *Discriminant Analysis* dengan filter *wavelet Discrete Meyer* level kelima (1) a-g (2) a-b-g (3) a-b (4) a-b-c

Sebagai metode pembandingan [9]. Dengan menggunakan *flowchart* klasifikasi gangguan dengan nilai toleransi kesalahan sebesar 0.5. Didapatkan hasil pada Tabel 12.

Tabel 12.

Hasil Klasifikasi menggunakan *flowchart* klasifikasi gangguan [9]

Tipe <i>Wavelet</i>	Error dengan pada Level 1-5 (%)				
	1	2	3	4	5
Haar	49.77	49.77	49.77	49.77	49.77
Db4	31.36	8.18	0.45	2.27	72.95
Dmeyer	32.05	31.14	2.73	1.82	50.23

Dari tabel 12 menunjukkan error yang paling kecil berada pada db4 sesuai dengan [9] yang mengatakan bahwa db4 sesuai untuk analisa gangguan transien yang sangat cepat. Namun hasil filter Db4 tidak menunjukkan tren yang dibutuhkan oleh *Discriminant Analysis* sehingga dibutuhkan *flowchart* untuk mengklasifikasi jenis gangguan. Hasil dari *flowchart* memiliki error yang lebih kecil daripada hasil QDA, dikarenakan data training yang relatif kurang. Untuk meningkatkan tingkat akurasi QDA dapat dilakukan dengan cara memperlebar data latih.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan bahwa metode melalui penentuan koefisien dengan *wavelet* dan *Discriminant Analysis* dapat mendeteksi gangguan hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah, 2 fasa ke tanah, gangguan antar fasa dan gangguan 3 fasa. Jenis filter *wavelet* yang memiliki nilai akurasi paling tinggi adalah *Discrete Meyer* pada level

kelima dengan nilai akurasi 97,96% pada data tes menggunakan QDA sedangkan jika menggunakan LDA tingkat akurasi paling tinggi adalah dengan menggunakan *wavelet* Haar pada level kelima namun hanya menunjukkan nilai akurasi 73,86%. Sehingga dapat disimpulkan kombinasi *wavelet* menggunakan QDA memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dari LDA, hal tersebut dapat dibuktikan dari nilai akurasi QDA yang terburuk adalah 73,75% dengan filter *wavelet* Db4 pada level ketiga, hanya selisih 0,11% dari LDA dengan filter yang terbaik. Ketika besar resistansi mengakibatkan arus gangguan sama dengan arus nominal. Filter *wavelet* masih dapat mendeteksi selama ada perbedaan nilai transien yang sesaat sebelum terkena gangguan dan setelah terkena gangguan. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk membantu kinerja rele *differential*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. Saha, Jan Izykowski, and Eugeniusz Rosolowski, "Fault Location on Power Networks" Springer. 2010. pp.20-25
- [2] M. Mirzaei, M.Z. A Ab Kadir, E. Moazami, H. Hizam "Review of Fault Location Methods for Distribution Power System". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(3): 2670-2676, 2009 ISSN 1991-8178
- [3] F. V. Lopes, D. Fernandes Júnior, W. L. A. Neves, "Fault Location on Transmission Lines Based on Travelling Waves" IPST 2011 Conference Papers
- [4] Singh, M., Panigrahi, K.B., Maheshwari, R.P, "Transmission line fault detection and classification" Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT), 2011 International Conference on 23-24 March 2011, Page(s): 15 – 22
- [5] Dimas Anton A, Adi Soeprijanto, Mauridhi Heri P, "Klasifikasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi yang Dikompensasi Seri Menggunakan Kombinasi *Wavelet* dan ANFIS". Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi FISERGI, Semarang, 12 Desember 2005, hal. B158-B165
- [6] Asfani, D.A.; Syafaruddin, S.; Purnomo, M.H.; Hiyama, T. "Wavelet-LDA-neural network based short circuit occurrence detection in induction motor winding" Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics & Drives (SDEMPED), 2011 IEEE International Symposium on. Pp. 330 - 336, Sept. 2011
- [7] M. Jaya Bharata Reddy and D. K. Mohanta, A *Wavelet-Fuzzy* Combined Approach For Classification And Location Of Transmission Line Faults, International Journal of Electrical Power and Energy Systems (Elsevier Publication), Volume 29, Issue 9, Nov 2007, 669-678.
- [8] Chanda D, Kishore NK, Sinha AK. Application of *wavelet* multiresolution analysis for classification of faults on transmission lines. In: IEEE conference on convergent technologies for Asia-Pacific region, vol. 4. 2003. p. 1464–9.
- [9] M. Jaya Bharata Reddy and D. K. Mohanta, A *Wavelet-Fuzzy* Combined Approach For Classification And Location Of Transmission Line Faults, International Journal of Electrical Power and Energy Systems (Elsevier Publication), Volume 29, Issue 9, Nov 2007, 669-678.