

Deteksi Gangguan Saluran Transmisi Menggunakan Metode Gelombang Berjalan dan *Transformasi Wavelet Diskrit*

S. Yudia Meka^{1*}, Novizon², A. Ari Fitra³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas

*Corresponding Author : yudia@pnp.ac.id

Abstrak—Gangguan saluran transmisi sulit dideteksi karena butuh waktu lama dalam menentukan titik gangguan. Penentuan lokasi gangguan menggunakan metode berbasis impedansi dan metode gelombang berjalan. Banyak penelitian sebelumnya menggunakan metode impedansi tetapi ditemukan kekurangan, jika impedansi gangguan tinggi maka mempengaruhi keakuratan penentuan lokasi gangguan. Metode lain menggunakan global positioning system (GPS) hal ini kurang ekonomis karena butuh banyak perangkat yang harganya mahal. Penelitian ini fokus pada metode gelombang berjalan yang dipopulerkan oleh Bewley menggunakan impuls elektromagnetik frekuensi tinggi diperoleh dari tegangan dan arus transien gangguan didalam dan diluar saluran. Metode ini mengabaikan jenis gangguan, resistansi saluran dan sudut awal gangguan. Dalam menganalisa selisih waktu gelombang datang dan pantul digunakan analisa transformasi wavelet diskrit yang membantu dalam menentukan lokasi gangguan. Pembangkit listrik tenaga air Maninjau hingga gardu induk Pauh Limo dimodelkan menggunakan alternative transient program (ATP) dengan beberapa komponen dan parameter. Pemodelan diberi gangguan satu fasa tanah, dua fasa tanah, dua fasa, tiga fasa dan surja petir. Penentuan lokasi gangguan menggunakan metode ujung tunggal dan ujung ganda dengan laju sampling 1 Mhz dengan memvariasikan jenis wavelet Daubechies 4, Coiflets 4 Symlets 4. Hasil yang diperoleh dalam penentuan lokasi gangguan berdasarkan jenis wavelet maka Daubechies 4 memiliki error yang kecil sehingga akurasi tinggi dan metode ujung ganda untuk semua jenis gangguan memperoleh tingkat error yang lebih kecil.

Kata kunci : Saluran transmisi; gangguan saluran transmisi; *alternative transient program*

Abstract—Transmission line interference is difficult to detect because it takes a long time to determine the fault point. Determination of fault location using impedance-based methods and the traveling wave method. Many previous studies used the impedance method but found deficiencies; if the fault impedance is high, it affects the accuracy of determining the fault location. Another method uses the global positioning system (GPS), which is less economical because it requires a lot of expensive devices. This research focuses on the traveling wave method popularized by Bewley, which uses high-frequency electromagnetic impulses derived from transient voltage and current faults inside and outside the line. This method ignores the fault type, line resistance, and fault start angle. In analyzing the time difference between the incident and reflected waves, a discrete wavelet transform analysis is used to help determine the location of the disturbance. The Maninjau hydroelectric power plant and the Pauh Limo substation are modeled using an alternative transient program (ATP) with several components and parameters. Modeling is given for one-phase ground disturbance, two-phase ground disturbance, two-phase, three-phase, and lightning surge. Determination of fault locations using single-ended and double-ended methods with a sampling rate of 1 Mhz by varying the type of wavelet (Daubechies 4, Coiflets 4, Symlets 4) The results obtained in determining the location of disturbances based on the type of wavelet, Daubechies 4, have a small error, so the accuracy is high, and the method double ends for all types of interference to obtain a smaller error rate.

Keywords: Transmission line; fault of transmission line; *alternative transient program*.

© 2023 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

Saluran transmisi menghantarkan daya listrik bertegangan tinggi dari titik pembangkit ke pusat beban[1]. Sistem tenaga listrik semakin kompleks dengan banyaknya jumlah pembangkit dan beban sehingga saluran transmisi serta distribusi semakin Panjang[2]. Seiring dengan peningkatan panjangnya total saluran transmisi pada sistem tenaga listrik maka muncul peningkatan resiko terhadap gangguan saluran transmisi[3]. Gangguan dalam sistem tenaga listrik dapat berupa gangguan dari dalam sistem ataupun gangguan dari luar system[4]. Gangguan dari dalam sistem berupa gangguan hubung singkat di saluran transmisi, sedangkan gangguan dari luar sistem berupa

sambaran petir. Semua gangguan tersebut berpotensi mengganggu penyaluran daya sampai ke konsumen dan dapat membahayakan orang serta peralatan di sekitarnya. Untuk meminimalisir dampak gangguan pada saluran transmisi dan meningkatkan pelayanan kepada pelanggan maka sangat penting untuk mengatasi dan memperbaiki gangguan yang terjadi. Oleh karena itu perlu cara untuk menentukan lokasi gangguan dengan cepat dan akurat agar gangguan dapat segera diperbaiki dan pelayanan kepada pelanggan kembali normal.

Dalam menentukan lokasi gangguan pada saluran transmisi, metode yang paling umum digunakan adalah metode berbasis impedansi dan metode gelombang berjalan

[5]. Metode berbasis impedansi menggunakan tegangan, arus dan parameter saluran untuk menentukan lokasi gangguan. Penelitian sebelumnya banyak menggunakan metode impedansi dalam menentukan lokasi gangguan. Khuziyashev membahas penentuan lokasi gangguan pada saluran transmisi dengan mengukur perbandingan reaktansi saluran dari titik gangguan ke perangkat sensor di gardu induk[1]. Dalam penelitiannya, impedansi saluran per satuan panjang digunakan untuk menghitung jarak gangguan. Impedansi gangguan dapat berdampak pada keakuratan metode ini. Jika impedansi gangguan tersebut tinggi maka dapat mempengaruhi keakuratan penentuan lokasi gangguan. Penelitian lain juga dilakukan oleh L. d. Andrade dalam menentukan lokasi gangguan berdasarkan metode impedansi dengan mengukur tegangan dan arus serta pergeseran sudut fasa di salah satu ujung dan kedua ujung saluran[6]. Ada juga beberapa penelitian yang menggunakan metode berbasis impedansi seperti penelitian yang dilakukan oleh S. Das dalam menentukan lokasi gangguan pada sistem distribusi, sedangkan sirkuit tunggal dan saluran transmisi paralel menggunakan matriks impedansi bus[7]. Metode lain dalam menentukan lokasi gangguan pada saluran transmisi adalah menggunakan global positioning system (GPS) untuk koordinasi waktu kedatangan gelombang[8]. Dari beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, masih terdapat kekurangan berupa ketidakakuratan dalam menentukan lokasi gangguan serta metode yang dilakukan kurang ekonomis. Penelitian ini fokus pada pada metode gelombang berjalan yang dipopulerkan oleh Bewley. Metode gelombang berjalan menggunakan impuls elektromagnetik frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh tegangan dan arus transien yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi di dalam dan di luar sistem[9]. Ketika gangguan terjadi, gelombang berjalan dari titik gangguan menuju sensor yang terletak di gardu induk. Sebagian gelombang ada yang diteruskan dan ada yang dipantulkan kembali menuju titik gangguan. Gelombang pantul yang menuju titik gangguan akan dipantulkan kembali menuju sensor. Sensor akan merasakan kedatangan gelombang awal gangguan dan gelombang pantul. Sehingga selisih waktu kedatangan gelombang pantul dan gelombang awal gangguan menjadi acuan dalam menghitung lokasi gangguan.

Lokasi gangguan dapat ditentukan dengan dua metode yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda. Metode ujung tunggal lebih ekonomis dari metode ujung ganda karena hanya membutuhkan satu sensor disalah satu ujung saluran transmisi. L. de Andrade membahas teknik ujung tunggal yang membantu mengidentifikasi gelombang pantul dan dapat menentukan lokasi gangguan dengan gelombang berjalan[6]. Sedangkan metode ujung ganda menggunakan selisih waktu kedatangan dari gelombang awal pada kedua terminal untuk menentukan lokasi gangguan. Metode ini membutuhkan komunikasi untuk mendapatkan informasi waktu gangguan dari kedua terminal. Metode ini biasanya menggunakan GPS untuk koordinasi waktu sehingga metode ini lebih mahal dibanding metode ujung tunggal. Keuntungan menggunakan metode gelombang berjalan dibandingkan metode berbasis impedansi adalah pada metode ini akan mengabaikan jenis gangguan, resistansi saluran, dan sudut

awal gangguan, sedangkan kerugiannya yaitu gelombang berjalan ini dapat dipengaruhi oleh parameter sistem. Untuk menganalisa selisih waktu gelombang datang dan gelombang pantul digunakan analisa transformasi wavelet diskrit (DWT). DWT dapat menganalisa gelombang gangguan dan mampu diaplikasikan untuk membantu menentukan lokasi gangguan pada saluran transmisi.

Saluran transmisi memiliki empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari sistem tenaga yaitu resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi. Parameter inilah yang merupakan salah satu pertimbangan dalam perencanaan saluran transmisi. Parameter ini nanti berhubungan dengan *coupling capacitor voltage transformer* (CCVT). CCVT ini nanti berkaitan dengan gelombang berjalan yang mana saat gelombang berjalan pada suatu saluran transmisi mencapai titik transisi, seperti suatu rangkaian terbuka, rangkaian hubungan singkat, suatu sambungan dengan saluran lain atau kabel, belitan mesin dan lain-lain, maka pada titik itu terjadi perubahan parameter saluran. Akibatnya sebagian dari gelombang berjalan bergerak melewati bagian lain dari rangkaian. Pada titik transisi, tegangan atau arus dapat bernilai nol sampai dua kali harga semula tergantung pada karakteristik terminalnya. Gelombang berjalan awal disebut gelombang datang dan dua macam gelombang lain yang muncul pada titik transisi disebut dengan gelombang pantul dan gelombang yang diteruskan. Sinyal gelombang berjalan ini dianalisa dan diolah menggunakan transformasi *wavelet diskrit* yaitu sebuah metode pengolahan sinyal dimana sebuah sinyal dipecah menjadi beberapa bagian yang merujuk pada frekuensi yang berbeda-beda. Wavelet memiliki tiga jenis yaitu Daubechies ('db4'), Symlets ('sym4'), dan Coiflets ('coif4'). Daubechies sering digunakan untuk menganalisa gelombang berjalan dari gelombang transien. Transformasi *wavelet* diskrit berhubungan dengan transformasi Clarke yang mana transformasi Clarke ini bertujuan untuk menguraikan sistem tiga fasa tidak seimbang menjadi fasa seimbang sehingga dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian secara fasa tunggal. Setelah melakukan transformasi Clarke, gelombang tegangan dianalisa menggunakan *wavelet toolbox* yang ada pada *software* Matlab. Gelombang yang diukur memiliki laju sampling atau *sampling rate*. *Sampling rate* yang digunakan adalah 1 Mhz dengan jarak gangguan yang bervariasi.

Dalam menentukan lokasi gangguan dengan analisa gelombang berjalan dimana gelombang elektromagnetik merambat ke saluran transmisi menghasilkan tegangan dan arus akibat adanya impedansi karakteristik saluran. Ketika gelombang sampai pada rangkaian terbuka, rangkaian tertutup atau perubahan impedansi maka sebagian energi dari gelombang tersebut diteruskan (transmitted) dan sebagiannya lagi dipantulkan kembali. Gelombang yang dipantulkan dan diteruskan inilah yang menjadi acuan dalam penentuan lokasi gangguan yang terjadi pada saluran transmisi.

Penentuan lokasi gangguan menggunakan gelombang berjalan yang memerlukan titik pengukuran diujung saluran. Metode ini ada dua jenis yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda. Metode ujung tunggal memerlukan satu titik pengukuran di ujung saluran. Metode

ini tidak membutuhkan komunikasi antara terminal dan lebih murah dibandingkan dengan metode ujung ganda. Metode ujung tunggal memerlukan penentuan kedatangan gelombang berjalan yang dihasilkan dari gangguan pada saluran dan juga penentuan gelombang pantulan dari titik gangguan itu sendiri. Waktu antara gelombang datang dan gelombang pantul dapat digunakan sebagai parameter dalam menentukan lokasi gangguan. Metode ujung ganda memerlukan dua titik pengukuran disetiap ujung saluran. Metode ini memerlukan dua peralatan sinkronisasi waktu seperti GPS yang dipasang pada kedua ujung saluran. Peralatan tersebut digunakan untuk menentukan waktu gelombang datang pada terminal A dan terminal B kemudian kedua waktu tersebut digunakan untuk menentukan jarak gangguan.

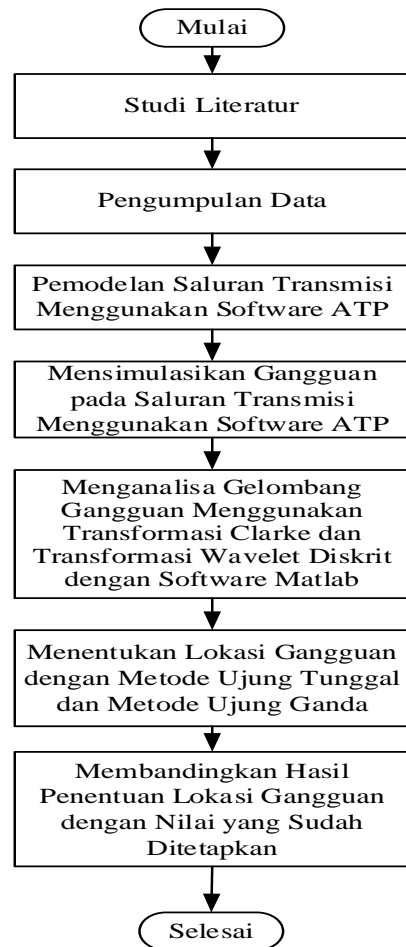
Alasan utama menggunakan metode transformasi *wavelet* diskrit dalam penentuan lokasi gangguan adalah kemampuan transformasi *wavelet* diskrit memiliki kemampuan untuk merepresentasikan sinyal dengan baik dalam domain waktu dan frekuensi secara lokal. Hal ini dapat membantu mendeteksi serta memahami perubahan yang terjadi pada tingkat frekuensi tertentu, parameter inilah yang menjadi salah satu cara dalam penentuan lokasi gangguan[10]. Transformasi *wavelet* diskrit memberikan resolusi multiskala, yang berarti bahwa sinyal dapat dianalisis pada skala yang berbeda secara bersamaan[11]. Ini memungkinkan identifikasi gangguan pada berbagai tingkat resolusi, sehingga dapat membantu mempersempit lokasi gangguan. Transformasi *wavelet* diskrit dapat lebih baik dalam mendeteksi transien atau perubahan tiba-tiba dalam sinyal[12]. Ini dapat bermanfaat dalam mendeteksi gangguan yang bersifat mendadak atau sesaat.

Alternative transient program (ATP) adalah software simulasi transien yang digunakan untuk memodelkan sistem tenaga dan gangguan transien[13]. Program ini digunakan secara luas untuk menganalisa elektromagnetik akibat gangguan transien pada sistem tenaga. Software ini mempunyai kemampuan untuk memodelkan saluran transmisi, kabel, circuit breaker, beban, converter, peralatan proteksi, elemen non linear, kopling elektromagnetik dan peralatan elektronika daya lainnya.

II. METODE

Penelitian ini menganalisa dan menentukan lokasi gangguan pada saluran transmisi dengan mengambil kasus saluran transmisi di Unit Pelayanan Transmisi (UPT PLN) Padang khususnya dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Maninjau hingga gardu induk (GI) Pauh Limo sepanjang 91 km. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode simulasi dengan menetapkan beberapa lokasi dan jenis gangguan, kemudian saluran transmisi disimulasikan menggunakan *software* ATP. Sedangkan untuk menentukan lokasi gangguan tersebut menggunakan *software* Matlab.

Adapun diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Adapun data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data simulasi gangguan petir, gangguan satu fasa tanah, gangguan dua fasa tanah, gangguan dua fasa dan gangguan tiga fasa. Jarak lokasi gangguan disimulasikan 10 km, 20 km, 30 km, 45,5 km, 60 km, 75 km dan 80 dari sensor. Data yang dibutuhkan dimasing-masing simulasi berkisar 100 data. Data-Data ini nanti akan dijadikan hasil dari simulasi dibandingkan dengan lokasi gangguan yang telah ditetapkan dan dianalisa tingkat keakuratannya. Metode penentuan lokasi gangguan menggunakan metode gelombang berjalan dan transformasi *wavelet diskrit*. Dua metode penentuan lokasi gangguan menggunakan gelombang berjalan akan diterapkan pada penelitian ini yaitu metode ujung tunggal dan ujung ganda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data spesifikasi saluran transmisi PLTA Maninjau hingga GI Pauh Limo sebagai berikut

Tabel 1. Data Saluran Transmisi PLTA Maninjau - GI Pauh Limo

No	Data	Spesifikasi
1	Tegangan sistem	150 kV
2	Arus Nominal	645 A
3	Panjang Saluran	91 km
4	Jumlah Sirkuit	2
5	Jenis Konduktor	HAWK
6	Diameter Konduktor	240 mm ²
7	Daya Rata-Rata	167,58 MVA
8	Impedansi Urutan Positif	$R = 0,117 \Omega/\text{km}$
		$X = 0,401 \Omega/\text{km}$
		$B = 2,859 \mu\text{S}/\text{km}$
9	Impedansi Urutan Nol	$R = 0,614 \Omega/\text{km}$
		$X = 1,793 \Omega/\text{km}$
		$B = 1,223 \mu\text{S}/\text{km}$

1. Pemodelan sistem transmisi

Saluran transmisi dimodelkan menggunakan *software* ATP menggunakan komponen *line cable lumped transposed line* (Clarke) tiga fasa seperti gambar berikut



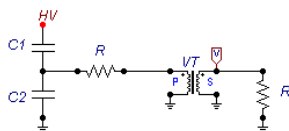
Gambar 2. Line/Cable Lumped Transposed Line (Clarke) Tiga Fasa

Untuk sumber tegangan menggunakan komponen AC *source* tiga fasa di *software* ATP



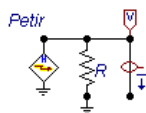
Gambar 3. Komponen Sumber tegangan 150 kV

Sensor yang digunakan untuk menangkap gelombang berjalan dari titik gangguan pada sisi terminal pengukuran dinamakan CCVT.



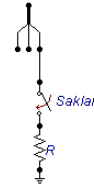
Gambar 4. Model CCVT

Pemodelan gangguan transmisi menggunakan *software* ATP



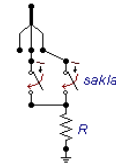
Gambar 5. Model Gangguan Petir

Model gangguan satu fasa tanah dimodelkan secara sederhana menggunakan saklar yang dikontrol dengan waktu dan diserikan dengan impedansi gangguan ke tanah



Gambar 6. Model Gangguan Satu Fasa Tanah

Model gangguan dua fasa tanah dimodelkan menggunakan dua saklar ke masing-masing fasa yang dikontrol dengan waktu yang sama dan dihubungkan ke tanah melalui impedansi gangguan ke tanah.



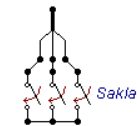
Gambar 7. Model Gangguan Dua Fasa Tanah

Gangguan dua fasa dimodelkan dengan satu saklar yang terhubung ke kedua fasa dan dikontrol dengan waktu



Gambar 8. Model Gangguan Dua Fasa

Gangguan tiga fasa dimodelkan dengan tiga saklar kemasing-masing fasa yang dikontrol dengan waktu yang sama



Gambar 9. Model Gangguan Tiga Fasa

2. Transformasi Clarke

Mentransformasikan tiga fasa gelombang gangguan tidak simetris menjadi simetris maka fasa a, b dan c diubah menjadi fasa α , β dan nol menggunakan transformasi Clarke

```

clc
clear all
sg=load('nama_file');
scell = struct2cell(sg);
%Ekstrak data
[t,va,vb,vc]= y4baca(scell)
%Transformasi clarke
[valfa,vbeta,vnol]=y4clark(va,vb,vc)
    
```

3. Transformasi Wavelet Diskrit

Mentransformasikan gelombang gangguan yang digunakan adalah fasa α . Fasa α didapatkan dari gelombang gangguan tiga fasa yang ditransformasikan dengan transformasi Clarke. Fasa α bisa menentukan segala jenis gangguan, baik itu gangguan dari dalam dan gangguan dari luar sistem saluran transmisi. Adapun syntax dari transformasi wavelet diskrit menggunakan *software* Matlab yaitu:

```

clc
    
```

```
clear all
sg=load('nama_file');
scell = struct2cell(sg);
%Ekstrak data
[t,va,vb,vc]= y4baca(scell)
%Transformasi clarke
[valfa,vbeta,vnol]=y4clark(va,vb,vc)
%Menghitung delta t dengan db4,coif4 dan sym4
[cd,ld] =wavedec(valfa,1,'db4');
[dd]=detcoef(cd,ld,[1]);
[cc,lc] =wavedec(valfa,1,'coif4');
[dc]=detcoef(cc,lc,[1]);
[cs,ls] =wavedec(valfa,1,'sym4');
[ds]=detcoef(cs,ls,[1]);
%Plot
figure(1; plot(dd);
title('Daubechies 4');
xlabel('Titik Sampling');ylabel('Koefisien Detail')
figure(2; plot(dc);
title('Coiflets 4');
xlabel('Titik Sampling');ylabel('Koefisien Detail')
figure(3; plot(ds);
title('Symlets 4');
xlabel('Titik Sampling');ylabel('Koefisien Detail')
```

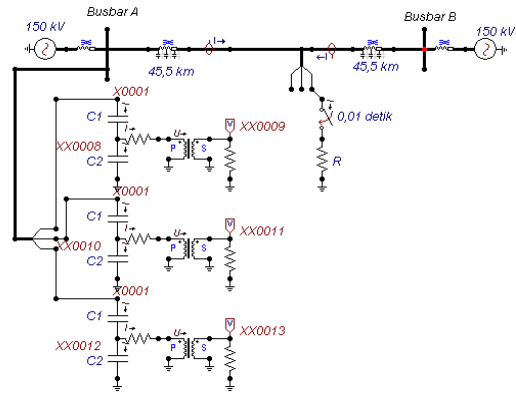
4. Penentuan Lokasi Gangguan

Gangguan disimulasikan menggunakan software ATP dengan lokasi gangguan yang berbeda-beda dan sudah ditentukan sebesar 10 km, 20 km, 30 km, 45,5 km, 60 km, 75 km dan 80 km dari busbar A. Gangguan dengan jarak 45,5 km adalah gangguan setengah panjang saluran dan waktu datang gelombang pertama menjadi acuan untuk perhitungan gangguan di setengah panjang saluran pertama dan setengah panjang saluran kedua. Simulasi ini dilakukan pada jaringan transmisi tunggal dengan satu tipe gangguan tertentu.

Gangguan yang disimulasikan adalah gangguan satu fasa tanah, dua fasa tanah, dua fasa, tiga fasa, surja petir dan surja hubung. Metode dalam menentukan lokasi gangguan terdiri dari dua metode yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda. Sinyal gangguan ditransformasikan menggunakan transformasi wavelet diskrit jenis Daubechies 4 ('db4'), Coiflets 4 ('coif4') dan Symlets 4 ('sym4') dengan laju sampling 1 MHz.

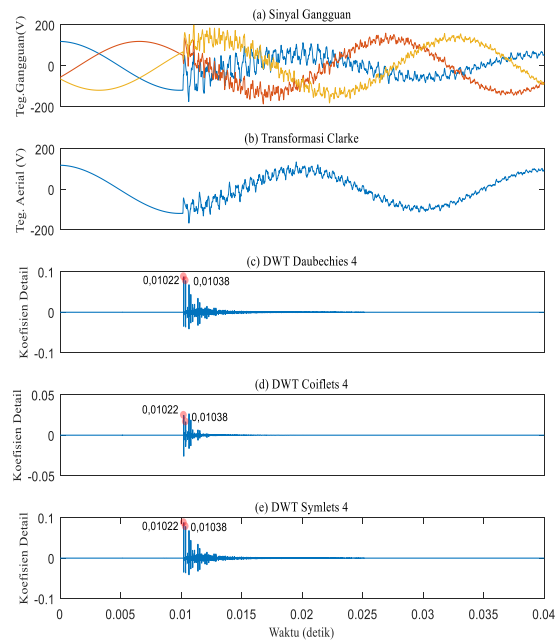
5. Gangguan Satu Fasa Tanah

Gangguan ini dimodelkan dengan metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan. Gangguan satu fasa tanah dimodelkan secara sederhana menggunakan saklar yang dikontrol dengan waktu 0,01 detik yang terhubung secara seri dengan impedansi pentanahan 1 ohm. Panjang saluran sebesar 91 km dan gangguan disimulasikan pada jarak 45,5 km atau tepat ditengah-tengah saluran. Ketika gangguan terjadi maka tegangan transien merambat ke kedua arah menuju busbar A dan B. Pada busbar A terdapat CCVT untuk mengukur tegangan transien yang datang, kemudian tegangan transien ini sebagiannya dipantulkan dan di teruskan. Gelombang yang dipantulkan oleh busbar A akan kembali menuju titik gangguan dan dipantulkan kembali ke busbar A.



Gambar 10. Rangkaian Simulasi Penentuan Lokasi Gangguan Satu Fasa Tanah Metode Ujung Tunggal

Hasil simulasi gangguan satu fasa tanah dengan metode ujung tunggal yaitu :



Gambar 11. Hasil Simulasi Gangguan Satu Fasa Tanah

Adapun nilai error bisa dihitung dengan

$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{hasil perhitungan} - \text{jarak gangguan}|}{\text{panjang saluran}} \times 100\%$$

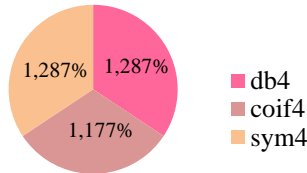
Perhitungan ini pun berlaku untuk transformasi wavelet diskrit jenis 'db4', 'coif4' dan 'sym4'. Hasil lengkap dari penentuan lokasi gangguan menggunakan metode ujung tunggal dan transformasi wavelet diskrit jenis 'db4', 'coif4' dan 'sym4' pada laju sampling 1 MHz.

Tabel 2. Hasil Simulasi Gangguan Satu Fasa Tanah

Jarak Gangguan dari Busbar (km)	t _a (dtk)	t _b (dtk)	τ (dtk)	X (km)	Error (%)
10	0,01016	0,01020	0,000080	11,799	1,977
20	0,01018	0,01025	0,000140	20,648	0,712
30	0,01020	0,01030	0,000200	29,497	0,552

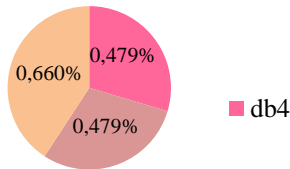
45,5	0,01022	0,01038	0,000320	47,196	1,864
60	0,01025	0,01035	0,000200	61,503	1,651
75	0,01027	0,01032	0,000100	76,251	1,375
80	0,01028	0,01032	0,000080	79,201	0,878

Perbandingan persentase rata-rata error gangguan satu fasa tanah menggunakan metode ujung tunggal dengan transformasi wavelet diskrit jenis 'db4', 'coif4' dan 'sym4'



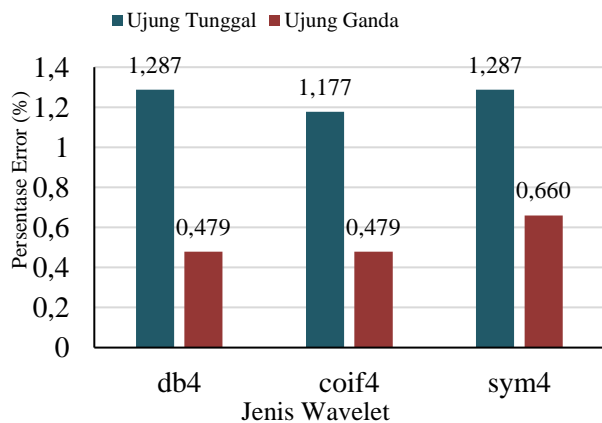
Gambar 12. Grafik Persentase Rata-Rata Jenis *Wavelet* 'db4', 'coif4' dan 'sym4' untuk Metode Ujung Tunggal Gangguan Satu Fasa Tanah

Perbandingan persentase rata-rata error gangguan satu fasa tanah menggunakan metode ujung ganda dengan transformasi wavelet diskrit jenis 'db4', 'coif4' dan 'sym4'



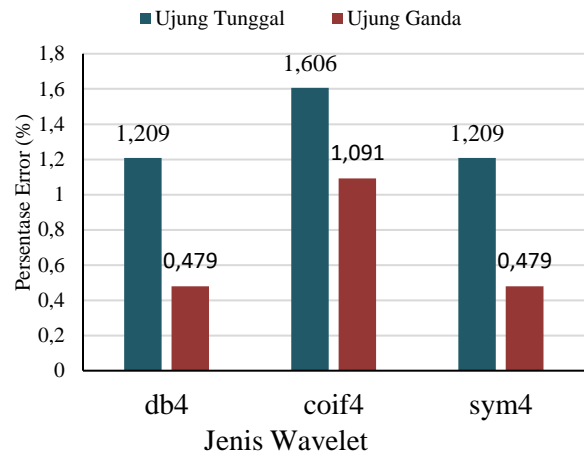
Gambar 13. Grafik Persentase Rata-Rata Jenis *Wavelet* 'db4', 'coif4' dan 'sym4' untuk Metode Ujung Ganda Gangguan Satu Fasa Tanah

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yaitu



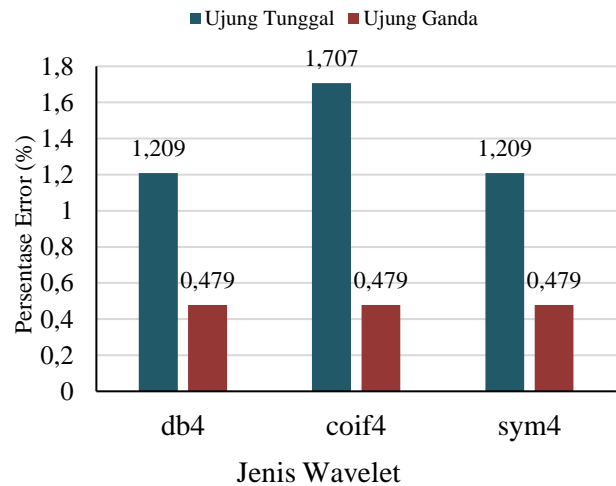
Gambar 14. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Satu Fasa Tanah

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yang digunakan yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan dua fasa tanah dengan memvariasikan jenis wavelet 'db4', 'coif4' dan 'sym4'



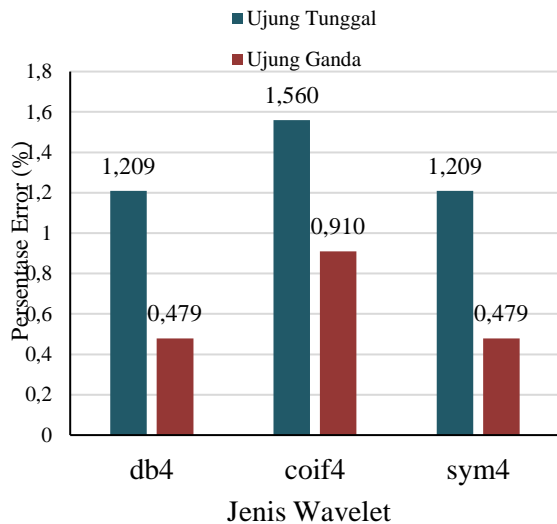
Gambar 15. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Dua Fasa Tanah

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yang digunakan yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan dua fasa dengan memvariasikan jenis wavelet 'db4', 'coif4' dan 'sym4'



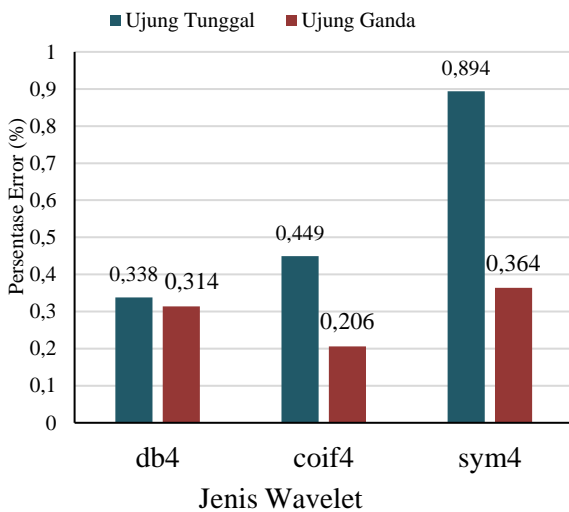
Gambar 16. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Dua Fasa

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yang digunakan yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan tiga fasa dengan memvariasikan jenis wavelet 'db4', 'coif4' dan 'sym4'



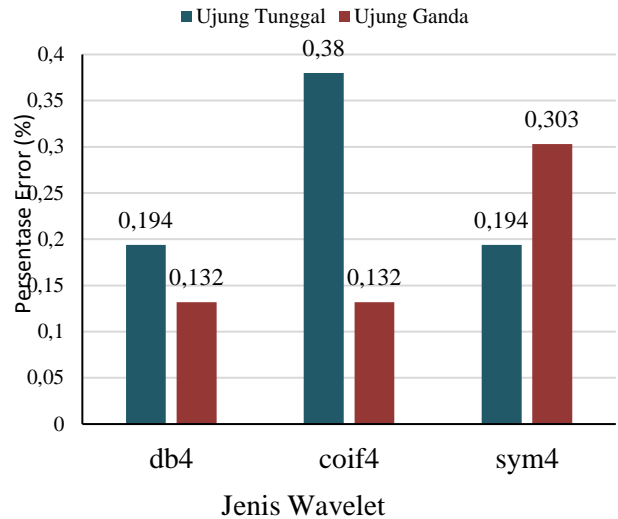
Gambar 17. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Tiga Fasa

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yang digunakan yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan surja petir dengan memvariasikan jenis wavelet ‘db4’, ‘coif4’ dan ‘sym4’



Gambar 18. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Surja Petir

Tingkat keakuratan yang dihitung dari persentase rata-rata error dari kedua metode yang digunakan yaitu metode ujung tunggal dan metode ujung ganda untuk menentukan lokasi gangguan surja hubung dengan memvariasikan jenis wavelet ‘db4’, ‘coif4’ dan ‘sym4’.



Gambar 19. Grafik Persentase Rata-Rata Error Metode Ujung Tunggal dan Metode Ujung Ganda di Gangguan Surja Hubung

Persentase rata-rata error untuk metode ujung ganda lebih kecil dari metode ujung tunggal atau dengan kata lain metode ujung ganda lebih akurat dibanding metode ujung tunggal dalam penentuan lokasi gangguan untuk semua jenis gangguan. Sedangkan error jenis wavelet ‘db4’ kecil dari ‘coif4’ dan ‘sym4’. Dengan demikian jenis wavelet ‘db4’ lebih akurat dari jenis lainnya untuk kedua metode dan jenis gangguan. Bisa dilihat dari tabel berikut

Tabel 3. Persentase Rata-Rata Error Semua Jenis Gangguan (%)

Gangguan	Ujung Tunggal			Ujung Ganda		
	‘db4’	‘coif4’	‘sym4’	‘db4’	‘coif4’	‘sym4’
Satu Fasa Tanah	1,287	1,177	1,287	0,479	0,479	0,66
Dua Fasa Tanah	1,209	1,606	1,209	0,479	1,091	0,479
Dua Fasa	1,209	1,707	1,209	0,479	0,479	0,479
Tiga Fasa	1,209	1,56	1,209	0,479	0,91	0,479
Surja Petir	0,338	0,449	0,894	0,314	0,206	0,364
Rata-Rata	0,875	1,083	0,968	0,372	0,528	0,410

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan metode ujung ganda lebih akurat dibandingkan dengan metode ujung tunggal dalam menentukan lokasi gangguan, hal ini dilihat dari rata-rata persentase error metode ujung ganda nilai errornya dibawah 1% sedangkan ujung tunggal nilai errornya diatas 1%. Transformasi *wavelet* diskrit jenis *Daubechies 4* ‘db4’ lebih akurat dibandingkan dengan *Coiflets 4* ‘coif4’ dan *Symlets 4* ‘sym4’ untuk kedua metode dalam menentukan lokasi gangguan. Jenis gangguan mempengaruhi keakuratan dalam menentukan lokasi gangguan untuk metode ujung tunggal. Akurasi dalam menentukan lokasi gangguan untuk metode ujung ganda tidak dipengaruhi oleh jenis gangguan. Pemilihan metode penentuan lokasi gangguan antara metode ujung tunggal dan ujung ganda harus dipertimbangkan berdasarkan karakteristik sistem tenaga yang spesifik, biaya implementasi dan tingkat akurasi yang diinginkan.

Penggabungan metode menjadikan stratego yang baik untuk meningkatkan keandalan dalam menentukan lokasi gangguan.

REFERENSI

- [1] R. G. Khuzyashev, I. L. Kuzmin, S. M. Tukaev, L. T. Tukhvatullin, and E. G. Stepanova, "Traveling-wave fault location algorithms in hybrid multi-terminal networks with a tree-like structure," *E3S Web Conf.*, vol. 124, p. 01012, 2019
- [2] T. P. S. Bains, T. S. Sidhu, Z. Xu, I. Voloh, and M. R. D. Zadeh, "Impedance-Based Fault Location Algorithm for Ground Faults in Series-Capacitor-Compensated Transmission Lines," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 33, pp. 189-199, 2018.
- [3] A. M. Moura, F. M. Barbosa, and Z. Vale, "Travelling waves methods for the calculation of electrical transients—an efficient computational algorithm of Bewley's method," in *Proceedings. Electrotechnical Conference Integrating Research, Industry and Education in Energy and Communication Engineering'*, 1989, pp. 159-156.
- [4] K. Chen, C. Huang, and J. He, "Fault detection, classification and location for transmission lines and distribution systems: a review on the methods," *High Voltage*, vol. 1, pp. 25-33, 2016.
- [5] M. R. Mosavi, A. Tabatabaei, and P. Farajparvar, "Stability Comparison of Fault Location Techniques Against Faulty GPS Time Tagging for Three-Terminal Lines," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 42, pp. 2739-2749, 2017/07/01 2017.
- [6] L. d. Andrade and T. P. d. Leão, "Impedance-based fault location analysis for transmission lines," in *PES T&D 2012*, 2012, pp. 1-6.
- [7] L. de Andrade and T. Ponce de Leão, "Travelling Wave Based Fault Location Analysis for Transmission Lines," *EPJ Web of Conferences*, vol. 33, p. 04005, 2012.
- [8] Ravi Kumar Goli, Abdul Gafoor Shaik, and S.S Tulasi Ram, "A transient current based double line transmission system protection using fuzzy-wavelet approach in the presence of UPFC", *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 70, (2015), pp. 91–98
- [9] S. Das, S. Santoso, A. Gaikwad, and M. Patel, "Impedance-based fault location in transmission networks: theory and application," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 537-557, 2014.
- [10] Dr. Hilal Al-Nasseri, "Fault Detection in Overhead Transmission Lines Using the Wavelet Transform," GCC POWER 2010 CONFERENCE & EXHIBITION, 18-20 Oct. 2010.
- [11] A. Aktaibi, M. Rahman and A. Razali, "An Experimental Implementation of the dq -Axis Wavelet Packet Transform Hybrid Technique for Three-Phase Power Transformer Protection," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 50, no. 4, pp. 2919-2927, July-Aug. 2014.
- [12] Flavio B. Costa, "Fault-Induced Transient Detection Based on RealTime Analysis of the Wavelet Coefficient Energy", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 29, No. 1, February 2014
- [13] X. Yang, M. Choi, S. Lee, C. Ten, and S. Lim, "Fault Location for Underground Power Cable," *Power*, vol. 23, no. 4, pp. 1809–1816, 2008.