

PENENTUAN LOKASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV BERBASIS TRANSFORMASI WAVELET

Determining The Location Of Short Circuit Fault In 150 KV Transmission Lines Based On Wavelet Transform

Niswaton Hasanah¹, Agung Budi Muljono², I Made Budi Sukmadana³

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Email : niswha20@gmail.com¹, agungbm@unram.ac.id², mdbudi@te.ftunram.ac.id³

ABSTRAK

Saluran transmisi adalah komponen yang sangat penting dalam system tenaga listrik yang harus mampu menjamin ketersediaan energy listrik secara kontinu pada setiap beban yang terhubung dengan system. Dalam menentukan lokasi terjadinya gangguan pada saluran transmisi telah menjadi salah satu perhatian utama dalam ketenagalistrikan. Sehingga dibutuhkan suatu metode dalam penentuan lokasi gangguan hubung singkat yang secara akurat dan cepat untuk mengurangi waktu pencarian serta mempercepat proses perbaikan. Pada penelitian ini dilakukan penentuan lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi dengan metode berbasis transformasi wavelet berdasarkan pada sinyal arus gangguan transien. Sinyal arus diperoleh dengan melakukan simulasi pada Simulink-MATLAB dengan variasi jarak gangguan dan resistansi gangguan dari masing-masing jenis gangguan hubung singkat yang disimulasikan diantaranya gangguan tiga fasa, gangguan antar fasa, gangguan satu fasa ke tanah dan gangguan dua fasa ke tanah. Sinyal tersebut kemudian di analisa menggunakan transformasi wavelet dengan mother wavelet Daubechies 5. Transformasi wavelet dapat menganalisa sinyal-sinyal gangguan hubung singkat dengan kondisi normalnya dan mampu diaplikasikan untuk membantu menentukan lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan transformasi wavelet dibandingkan dengan jarak simulasi yang ditetapkan didapatkan hasil dengan persentase error 0,128% sampai 15,380% untuk variasi jarak gangguan dan 2,280% sampai 23,335% untuk variasi resistansi gangguan yang merupakan hasil persentase error terkecil dan terbesar dari semua jenis gangguan yang telah disimulasikan.

Kata Kunci: Saluran transmisi; hubung singkat; jarak gangguan; transformasi wavelet

ABSTRACT

Transmission line is an important component in electrical power system that should ensure the availability of electrical power in each loads that connected to the system continually. Determining the location of short-circuit fault in transmission line has become one of the main interests in electrical power system. So that, it needs a method that can determine the location of short-circuit fault accurately and fastly in order to substract the time of search and to accelerate the fixing progress. In this research, the researcher determined the location of short-circuit fault in transmission line by using wavelet transform method based on the current signal of transient fault. Current signal was gained by doing a simulation in simulink-Matlab with various distances of fault and fault resistances in each kind of short-circuit faults which simulated within three phases fault, line to line fault, single line to ground fault, and double line to ground fault. Those signals, then would be analyzed by using wavelet transform with mother wavelet Daubechies 5. Wavelet transform could analyze the signals of short-circuit fault in its normal condition and it can be applied to help a determination the location of short-circuit fault in transmission line. The result showed that the use of wavelet transform compare with the simulation distance gained the error percentage were 0.128% until 15.380% for distance fault variations, and 2.280% until 23.335% for fault resistances variations which was the result of both the smallest and the highest error percentage among all the kind of fault that have been simulated.

Keywords: Transmission line; short-circuit; fault location; wavelet transform

PENDAHULUAN

Saluran transmisi adalah komponen yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Saluran transmisi harus mampu menjamin ketersediaan energi listrik secara kontinu pada setiap beban yang terhubung dengan sistem. Salah satu gangguan pada saluran transmisi adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini tidak dapat dihilangkan keberadaannya untuk itu diperlukan penanganan secepat mungkin untuk menghindari akibat lanjutan dari gangguan tersebut.

Dalam menentukan lokasi terjadinya gangguan pada saluran transmisi telah menjadi salah satu perhatian utama dalam ketenagalistrikan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode dalam penentuan lokasi gangguan hubung singkat yang secara akurat dan cepat untuk mengurangi waktu pencarian serta mempercepat proses perbaikan terutama bila gangguan bersifat permanent. Sehingga dapat menjaga kontinuitas dan keandalan dalam penyaluran daya dari sistem tenaga listrik.

Pada penelitian ini menyajikan suatu metode pendekatan berdasarkan pada transformasi wavelet dari sinyal gangguan transien. Pengolahan sinyal-sinyal ini dengan menggunakan transformasi *wavelet* yang menyatakan waktu tempuh sinyal-sinyal tersebut dari sumber sinyal ke titik gangguan. Dengan menggunakan *mother wavelet* sebagai fungsi dasar transformasi *wavelet* untuk algoritma penentuan jarak lokasi gangguan hubung singkat tersebut..

Saluran Transmisi merupakan penghubung antara pusat-pusat pembangkit listrik dengan sistem-sistem distribusi, dan melalui hubungan-hubungan antar sistem dapat pula menuju ke sistem tenaga yang lain. Klasifikasi saluran transmisi berdasarkan panjang salurannya terdiri dari 3 jenis yaitu:

- 1) Saluran transmisi pendek (<80 km)
 - 2) Saluran transmisi menengah (80-250 km)
 - 3) Saluran transmisi panjang (>250 km)
- (Hutauruk,1985)

Salah satu gangguan pada saluran transmisi adalah gangguan hubung singkat, gangguan ini merupakan salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai karakteristik *transient* yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan *magnitude* yang lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat

rendah sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, munculnya bunga api listrik, dan keadaan terburuk yaitu kegagalan operasi sistem secara keseluruhan. Adapun jenis-jenis gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa adalah: (Gonen,1988)

- a. Gangguan Hubung Singkat Simetris
 - 1) Hubung singkat simetri 3 fasa ke tanah.
 - 2) Hubung singkat simetri 3 fasa.
- b. Gangguan Hubung Singkat Tak Simetris
 - 1) Hubung singkat satu fasa ke tanah.
 - 2) Hubung singkat dua fasa atau antar fasa.
 - 3) Hubung singkat dua fasa ketanah.

Transformasi *Wavelet* merupakan suatu transformasi linear yang hampir mirip dengan transformasi *fourier*, dengan satu perbedaan penting transformasi *wavelet* membolehkan penempatan waktu dalam komponen-komponen frekuensi yang berbeda dari sinyal yang diberikan.(Utomo,2013)

Wavelet adalah suatu metode pengolahan sinyal dimana sebuah sinyal dipecah menjadi beberapa bagian yang merujuk pada frekuensi yang berbeda-beda yang dapat digunakan untuk menyusun, menganalisis dan mensintesis data numeris hasil pengukuran atau pengamatan suatu fenomena fisis tertentu dan dapat diaplikasikan pada pengenalan objek, *smoothing* dan kompresi.(Mallat, 1989)

Jenis-jenis Transformasi Wavelet

- 1) Transformasi *Wavelet* Kontinu (*Continuous Wavelet Transform/CWT*). Transformasi *Wavelet* kontinu merupakan penjumlahan seluruh spektrum sinyal dikalikan dengan *mother wavelet* yang terkompresi dan tertranslasi. Transformasi *wavelet* kontinu menghasilkan terlalu banyak koefisien transformasi *wavelet* (WTC). Hal ini menyebabkan data yang dihasilkan menjadi berlebihan (redundansi), sehingga untuk menyelesaikan masalah ini digunakan transformasi *wavelet* diskrit. Persamaan umum transformasi wavelet kontinu adalah:

$$CWT(f, a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi \left(\frac{t-b}{a} \right) \dots \dots (1)$$

- 2) Transformasi *Wavelet* Diskrit (*Discrete Wavelet Transform/DWT*). Dibandingkan dengan transformasi *wavelet* kontinu, transformasi *wavelet* diskrit dianggap

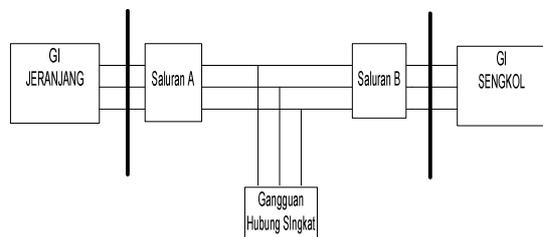
relative lebih mudah pengimplementasiannya. Prinsip dasar dari transformasi wavelet diskrit adalah bagaimana cara mendapatkan representasi waktu dan skala dari sebuah sinyal menggunakan teknik pemfilteran digital dan operasi sub-sampling. persamaan umum transformasi wavelet diskrit adalah

$$DWT(f, m, n) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \sum_k f(k) \Psi \left(\frac{n-ka_0^m}{a_0^m} \right) \dots (2)$$

Dimana parameter a dan b dalam persamaan (1) digantikan dengan a_0^m dan ka_0^m merupakan konstanta *dilation* dan *translation*, k dan m adalah variabel bilangan bulat positif, Ψ adalah fungsi *wavelet* dan $DWT(f, m, n)$ merupakan koefisien transformasi *wavelet* diskrit. Pada wavelet diskrit hanya beberapa sampel WTC saja diambil, artinya DWT mengurangi kelebihan WTC dari CWT. (Darussalam,2013)

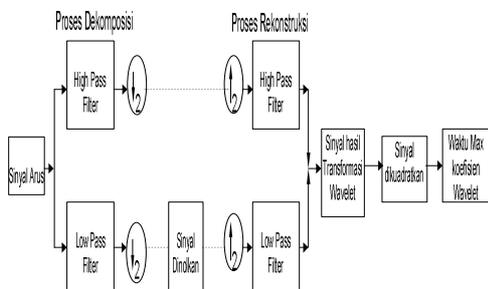
METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dimodelkan saluran transmisi tegangan 150 kV dengan panjang saluran 40,166 km dari Gardu Induk Jeranjang ke Gardu Induk Sengkol. Model saluran transmisi yang akan disimulasikan pada *Simulink-MATLAB* seperti Gambar 1.



Gambar 1 Model saluran transmisi Jeranjang-Sengkol.

Sinyal hasil simulasi menjadi input pada transformasi *wavelet* dengan *mother wavelet Doubechies 5*.



Gambar 2 Blok Diagram Transformasi *Wavelet*.

Setelah diperoleh waktu maksimum koefisien *wavelet* dari proses transformasi *wavelet* dapat digunakan untuk menentukan jarak lokasi gangguan hubung singkat dengan persamaan berikut:

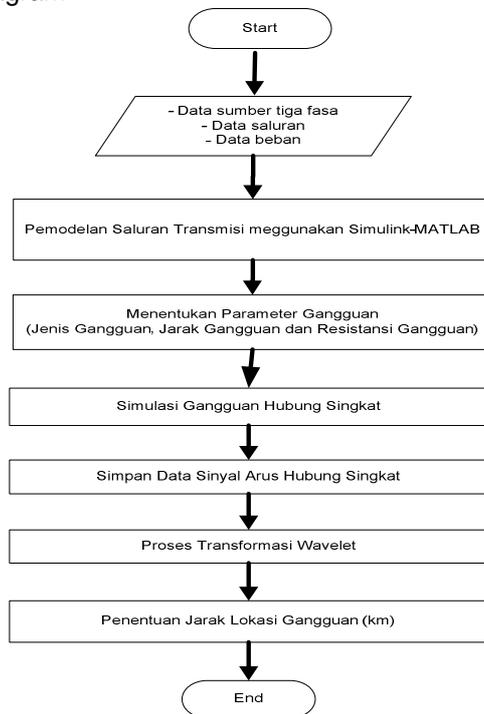
$$x = v x \Delta t \dots \dots \dots (3)$$

Dimana v adalah kecepatan rambat gelombang yang dapat diperoleh dari persamaan:

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana Δt merupakan selisih waktu maksimum koefisien *wavelet* dan waktu mulai terjadi gangguan. (Baseer,2013)

Diagram Alir Penelitian. Tahapan demi tahapan yang dilakukan penulis pada saat melakukan penelitian tugas akhir ini. Agar penelitian dilakukan secara baik maka di buat diagram



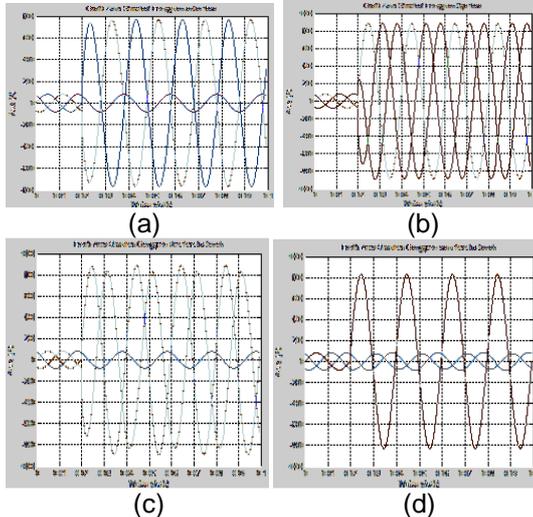
Gambar 3 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dimodelkan saluran transmisi tegangan 150 kV dengan panjang saluran 40,166 km dari Gardu Induk Jeranjang ke Gardu Induk Sengkol, jenis penghantar yang digunakan adalah ACSR Hawk 307 mm² dengan Simulink Matlab.

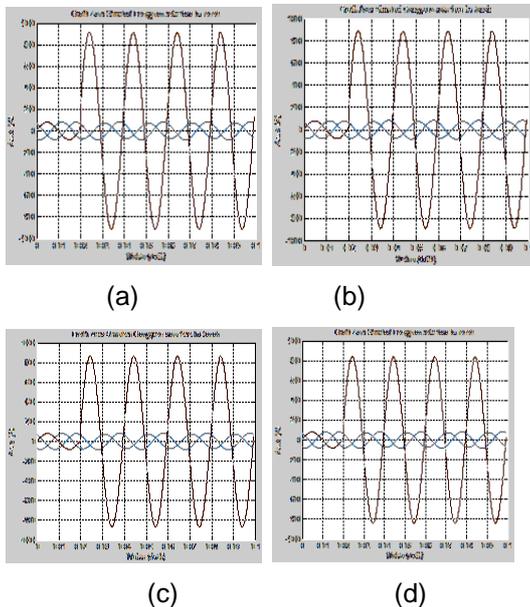
Simulasi saluran transmisi ini mensimulasikan gangguan hubung singkat dengan beberapa kondisi yang berbeda yaitu jenis gangguan (Satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, antar fasa dan tiga fasa), jarak gangguan (25%, 50%, 75% dan 100% dari panjang saluran) dan resistansi gangguan (1Ω, 10 Ω, 100 Ω dan 1000 Ω).

Berikut sinyal hasil simulasi untuk jarak gangguan 100% dari panjang saluran dengan resistansi 100 Ω seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Sinyal arus hasil simulasi (a) gangguan tiga fasa;(b) gangguan antar fasa;(c) gangguan dua fasa ke tanah;(d) gangguan satu fasa ke tanah.

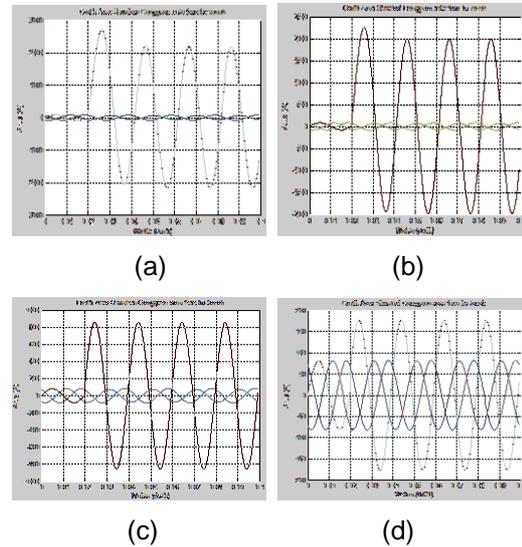
Gambar 4 dapat diatas dapat dilihat bahwa sinyal arus hasil simulasi untuk masing-masing gangguan hubung singkat dimana waktu terjadi gangguan diberikan pada saat 0.02s dan lama simulasi 0.1s.



Gambar 5 Perbedaan bentuk arus berdasarkan jarak gangguan (a) jarak 10.0415 km;(b) jarak 20.083;(c) jarak 30.2145; (d) jarak 40.166 km.

Gambar 5 dapat dilihat bahwa sinyal-sinyal hasil simulasi untuk gangguan satu fasa ke tanah dengan variasi jarak gangguan sehingga dapat diketahui bahwa jarak

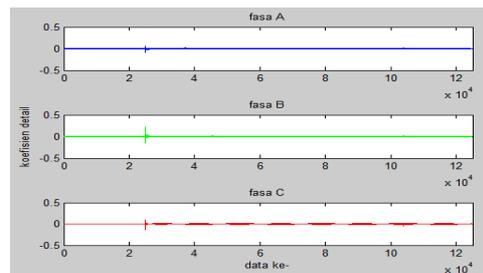
terjadinya gangguan mempengaruhi besar lonjakan arus gangguan hubung singkat, dimana semakin jauh jarak gangguan yang terjadi maka arus gangguan hubung singkat akan semakin kecil.



Gambar 6 Perbedaan bentuk arus berdasarkan resistansi gangguan pada gangguan satu fasa ke tanah (a) $R_f=1 \Omega$; (b) $R_f=10 \Omega$; (c) $R_f=100 \Omega$; (d) $R_f=1000 \Omega$.

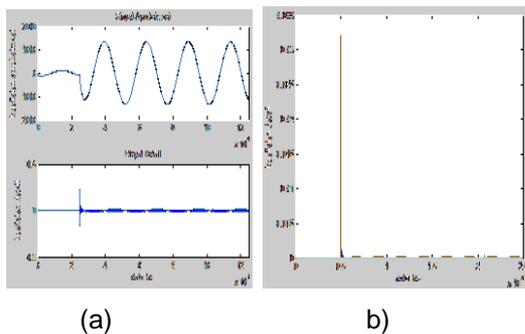
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat sinyal-sinyal hasil simulasi untuk gangguan satu fasa ke tanah dengan variasi resistansi gangguan sehingga dapat diketahui bahwa besar resistansi gangguan juga mempengaruhi besar lonjakan arus gangguan hubung singkat yang terjadi, dimana semakin besar resistansi gangguan maka arus gangguan hubung singkat yang terjadi akan semakin kecil.

Simulasi Transformasi Wavelet. Dengan menggunakan *mother wavelet doubechies 5*, diperoleh hasil untuk analisis sinyal arus gangguan tiga fasa pada jarak gangguan 25% dari panjang saluran (10.0415 km) sebagai berikut:



Gambar 7 Detail wavelet masing-masing fasa gangguan tiga fasa

Gambar 7 diketahui bahwa *magnitude* detail *wavelet* pada setiap fasa pada gangguan tiga fasa adalah untuk fasa A =0.06250, fasa B =0.22436, fasa C =0.09257, sehingga dapat ditentukan fasa dengan *magnitude* detail terbesar adalah fasa B. Dengan mentransformasikan sinyal fasa B dengan transformasi *wavelet* diperoleh sinyal frekuensi rendah (aproksimasi) dan sinyal frekuensi tinggi (detail) seperti pada Gambar 8(a) yang merupakan sinyal hasil proses dekomposisi.



Gambar 8 Sinyal hasil Transformasi *Wavelet* (a) hasil proses Dekomposisi; (b) hasil proses Rekonstruksi

Gambar 8 (b) merupakan koefisien detail *wavelet* (WTC) hasil dari proses rekonstruksi sinyal yang telah dikuadratkan dan diperoleh maksimum detail *wavelet* pada urutan data ke 49976 dengan waktu puncak WTC yaitu 20,032003 ms. Dimana kecepatan rambat gelombang yang diperoleh dari persamaan (4) adalah 296618.752 km/s sehingga dengan persamaan (3) dapat diketahui jarak gangguan yang terjadi adalah:

$$x = 293321.3831 \times (20.032003 - 20) \cdot 10^{-3} = 9.49180 \text{ km}$$

Berikut persamaan yang digunakan untuk perhitungan persentase error. (Awad,2012)

$$\%Error = \frac{\text{jarak sebenarnya} - \text{jarak hitung}}{\text{jarak sebenarnya}} \times 100\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan penentuan lokasi gangguan hubung singkat dengan menggunakan transformasi *wavelet* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan saluran transmisi dengan menggunakan Simulink MATLAB diperoleh nilai arus gangguan hasil simulasi gangguan mendekati nilai hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat baik gangguan tiga fasa, antar

fasa, dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah pada saluran transmisi dari Gardu Induk Jeranjang ke Gardu Induk Sengkol dengan panjang saluran 40.166 km.

2. *Wavelet Doubechies* 5 dapat mendeteksi dan menganalisa sinyal-sinyal gangguan hubung singkat dengan kondisi normalnya dan mampu diaplikasikan untuk membantu menentukan lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi.
 - a) Pada simulasi gangguan dengan variasi jarak gangguan dan resistansi gangguan 100 ohm diperoleh hasil perhitungan jarak lokasi gangguan dengan persentase error untuk masing-masing gangguan adalah 0,064% sampai 11,382% dengan perbandingan terhadap panjang salurannya dan persentase error 0,128% sampai 15,380% dengan perbandingan terhadap jarak gangguan.
 - b) Pada simulasi gangguan dengan variasi resistansi gangguan dan jarak gangguan 75% dari panjang saluran diperoleh jarak gangguan yang semakin jauh jika resistansi gangguan yang diberikan semakin besar, dimana persentase error yang diperoleh pada masing-masing gangguan adalah 1,716 sampai 17,019 dengan perbandingan terhadap panjang salurannya dan persentase error 2,280% sampai 23,335% dengan perbandingan terhadap jarak gangguan.

SARAN

Saran yang dapat disampaikan penulis berkaitan dengan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini melakukan penentuan jarak gangguan pada saluran transmisi yang pendek sehingga data yang diuji terbatas untuk itu disarankan menggunakan saluran transmisi yang lebih panjang dengan menggunakan parameter arus maupun tegangan serta dilakukan identifikasi dari jenis gangguan tersebut.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan perhitungan setting awal waktu gangguan dari jarak yang ditentukan serta melakukan perhitungan jarak mulai dari waktu awal dan akhir gangguan yang disimulasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baseer, Mohammad,A., 2013, "Travelling waves for finding the fault location in Transmission lines", Journal Electrical and Electronic Engineering, Vol.1, No.1, pp.1-19

- Darusalam, Ucuk, 2009, "Wavelet Transform: Overview Teknis", Jurnal Artificial ICT Reserch Center, UNAS, Vol.3, No.1, ISSN: 1978-9491.
- Gonen, Turan, 1988, "Electric Power Transmission System Engineering : Analysis And Design", John Wiley & Sons, Inc.
- Hutauruk, 1985, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Mallat, S.,1989, *A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation*, *IEEE Pattern Anal and Machine Intell*, Vol.11, No.7, pp. 674-693.
- Utomo, P.W., Hernanda, I.G.N.S., Asfani, D.A., 2013, *Deteksi Gangguan Pada Saluran Transmsi Menggunakan Wavelet dan Discriminant Analysis*, Jurnal Teknik, POMITS, Vol.2, No.2, ISSN: 2337-3539.