



STUDI ANALISIS SPEKTRUM GELOMBANG PETIR DENGAN MENGGUNAKAN FAST FOURIER TRANSFORM

Eko Suprpto¹, Fadli Eka Yandra²

¹Dosen Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari, eko.suprpto@unbari.ac.id

²Dosen Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari, fadli.eka.yandra@unbari.ac.id

Korespondensi Penulis: Eko Suprpto

Abstrak :Penganalisis spektrum mengukur besarnya sinyal input versus frekuensi dalam rentang frekuensi penuh instrumen. Kegunaan utama adalah untuk mengukur kekuatan spektrum sinyal yang diketahui dan tidak dikenal. Sinyal masukan yang paling umum diukur penganalisis spektrum adalah listrik, namun komposisi spektral dari sinyal lain, seperti gelombang tekanan akustik dan gelombang cahaya optik, dapat dipertimbangkan melalui penggunaan transduser yang sesuai. Penganalisis spektrum untuk jenis sinyal lain juga ada, seperti penganalisis spektrum optik yang menggunakan teknik optik langsung seperti monokromator untuk melakukan pengukuran. Dengan menganalisis spektrum sinyal listrik, frekuensi dominan, daya, distorsi, harmonisa, bandwidth, dan komponen spektral sinyal lainnya dapat diamati yang tidak mudah dideteksi dalam bentuk gelombang domain waktu. Parameter ini berguna dalam karakterisasi perangkat elektronik, seperti pemancar nirkabel. Tampilan spektrum analyzer memiliki frekuensi pada sumbu horizontal dan amplitudo ditampilkan pada sumbu vertikal. Bagi pengamat biasa, penganalisis spektrum terlihat seperti osiloskop dan, pada kenyataannya, beberapa instrumen laboratorium dapat berfungsi sebagai osiloskop atau penganalisis spektrum. Sinyal gelombang petir yang dideteksi dengan menggunakan osiloskop digital, diolah dengan aplikasi OriginPro untuk mendapatkan pola gelombang petir yang terjadi, analisa spektrum sendiri menggunakan menggunakan perhitungan FFT (fast fourier transform).

Kata Kunci: Analisa spektrum; aplikasi OriginPro, FFT (Fast Fourier Transform)

PENDAHULUAN

Pengertian Transformasi Fourier

Transformasi Fourier ditemukan oleh ilmuwan bernama *Joseph Fourier*. Transformasi *Fourier* adalah metode yang digunakan dengan mendekomposisi sebuah gelombang seismik menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal. Gelombang harmonik sinusoidal tersebut dianggap sebagai Deret *Fourier*.

Tujuan Transformasi Fourier

Fast Fourier Transform (FFT) adalah algoritma efisien yang digunakan untuk menghitung transformasi Fourier diskrit (DFT). Transformasi Fourier ini mengeluarkan amplitudo getaran sebagai fungsi frekuensi sehingga penganalisis dapat memahami penyebab terjadinya getaran. Resolusi frekuensi dalam FFT berbanding lurus dengan panjang sinyal dan laju sampel.

Untuk meningkatkan resolusi, waktu perekaman harus diperpanjang; tapi hati-hati dengan lingkungan getaran yang berubah.

Dengan *Transformasi Fourier* yang digunakan untuk analisis spectral, memiliki tujuan agar sinyal dari domain waktu bisa menjadi sinyal dalam domain frekuensi. Hal ini dilakukan agar perhitungan menjadi lebih mudah, apabila masih dalam domain waktu maka perhitungannya akan lebih sulit. Salah satu bentuk *Transformasi Fourier* adalah *Fast Fourier Transform* (FFT).

Berikut adalah rumus dari FFT (Atha dkk, 2017)

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

keterangan :

$X(\omega)$ adalah fungsi dalam domain frekuensi, adalah frekuensi radial $0 - 2\pi f$, atau dapat dituliskan bahwa $\omega = 2\pi f$.

Aplikasi FFT

Fast Fourier Transform (FFT) dapat diaplikasikan dalam beragam bidang dari pengolahan sinyal digital, seperti pada pengolahan Horizontal Vertical Spectral Ratio (HVSr). Dengan dapat merubah hasil data lapangan berupa domain waktu menjadi frekuensi, membuat spektrum horizontal dan vertikal dapat dibandingkan sehingga dapat menghasilkan output berupa spektrum yang diinterpretasikan sebagai amplifikasi dan frekuensi natural. Berikut ilustrasi penggambaran perubahan domain waktu ke domain frekuensi pada HVSr.

Spektrogram

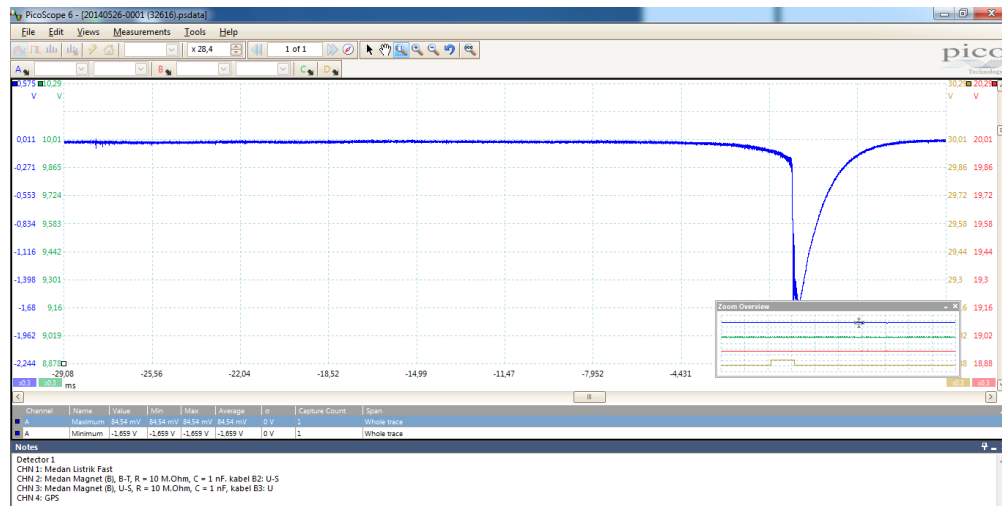
Spektrogram mengambil serangkaian FFT dan tumpang tindih untuk menggambarkan bagaimana spektrum (domain frekuensi) berubah seiring waktu. Jika analisis getaran dilakukan pada lingkungan yang berubah, spektrogram dapat menjadi alat yang ampuh untuk menggambarkan dengan tepat bagaimana spektrum getaran itu berubah.

PSD

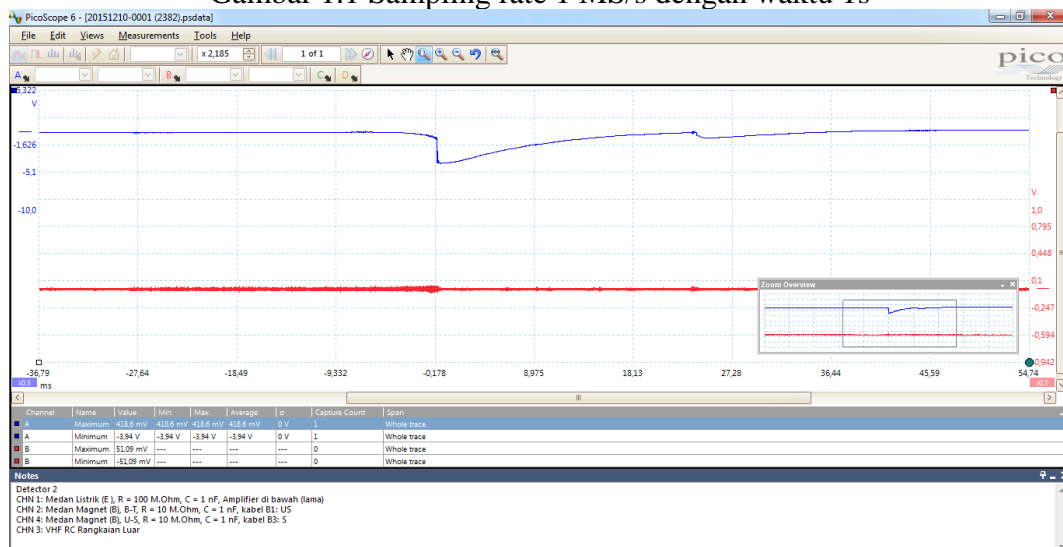
Densitas spektral daya (PSD) mengambil amplitudo FFT, mengalikannya dengan konjugat kompleksnya dan menormalkannya ke lebar bin frekuensi. Hal ini memungkinkan perbandingan yang akurat dari sinyal getaran acak yang memiliki panjang sinyal berbeda. Untuk alasan ini, PSD biasanya digunakan untuk mendeskripsikan lingkungan getaran acak seperti yang ditentukan dalam standar uji militer dan komersial.

METODE

Menganalisis gelombang petir yang didapat dari hasil pembacaan osiloskop ke analisis FFT dengan menggunakan aplikasi OriginPro. Data yang didapat dari pembacaan osiloskop, seperti gambar berikut, akan dianalisis dengan menggunakan aplikasi OriginPro.



Gambar 1.1 Sampling rate 1 MS/s dengan waktu 1s



Gambar 1.2 Sampling rate 25 MS/s dengan waktu 200ms

Sinyal non-stasioner adalah sinyal yang karakteristik statistiknya bervariasi menurut waktu. Transformasi Fourier klasik tidak terlalu cocok untuk menganalisis jenis sinyal ini karena tidak dapat memberikan informasi apa pun tentang bagaimana frekuensi berubah seiring waktu. Jadi, analisis frekuensi waktu, seperti STFT, harus digunakan. Short-time Fourier Transform (STFT), adalah metode analisis yang digunakan untuk menganalisis sinyal non-stasioner. Ini mengekstrak beberapa frame sinyal dengan window yang bergerak seiring waktu. Jika window waktu cukup sempit, setiap bingkai yang diekstraksi dapat dilihat sebagai stasioner sehingga transformasi Fourier dapat digunakan. Dengan window bergerak sepanjang sumbu waktu, hubungan antara varian frekuensi dan waktu dapat diidentifikasi.[1] Urutan STFT yang dilakukan, $\{ix(n)\}$, dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$STFT \{x[n]\} \equiv X(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\omega[n - m]e^{-j\omega n}$$

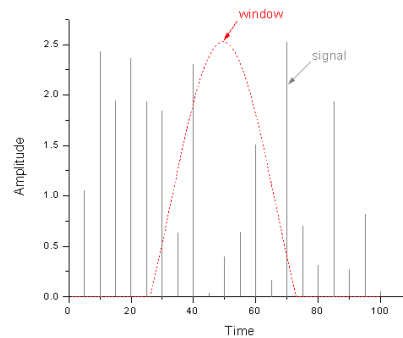
Dimana $\omega(n)$ merepresentasikan pergeseran windows yang menekan komponen frekuensi lokal didalamnya.

Hasil STFT berupa matriks yang memiliki baris N dan kolom M, dimana

$$N = \begin{cases} FFTLength/2 + 1, & \text{if input signal is real} \\ FFTLength, & \text{if input signal is not real} \end{cases}$$

dan

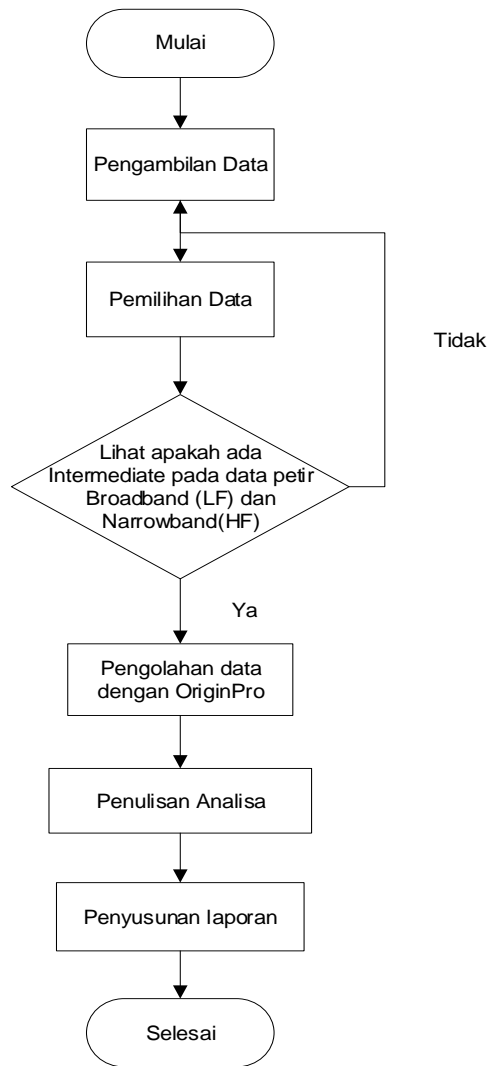
$$M = \text{floor}\left(\frac{DataSize - WindowSize}{WindowSize - OverlapSize}\right) + 1$$



$$STFT \{x[n]\} \equiv X(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \omega[n-m] e^{-j\omega n}$$

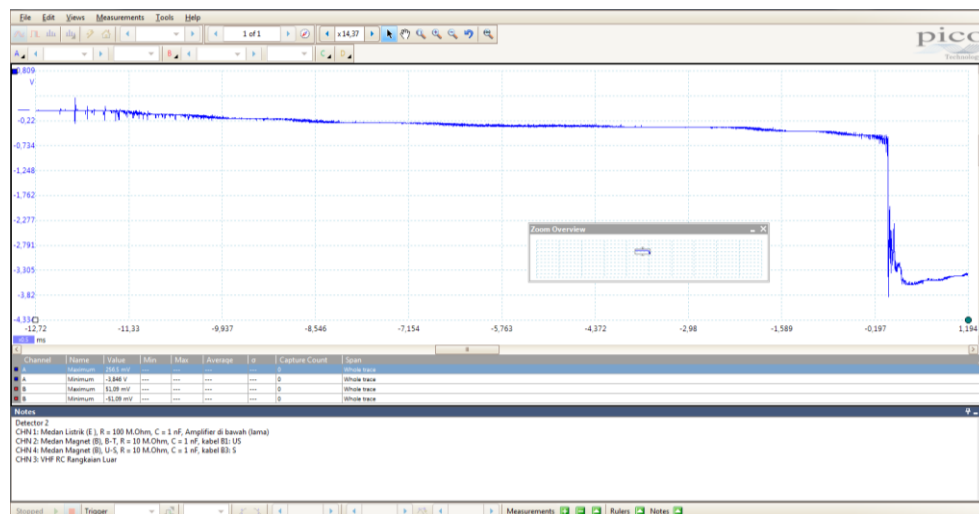
Window yang dipilih dapat memengaruhi analisis. Pengguna harus memperhatikan ukuran dan bentuk window.

Diagram alir penelitian :

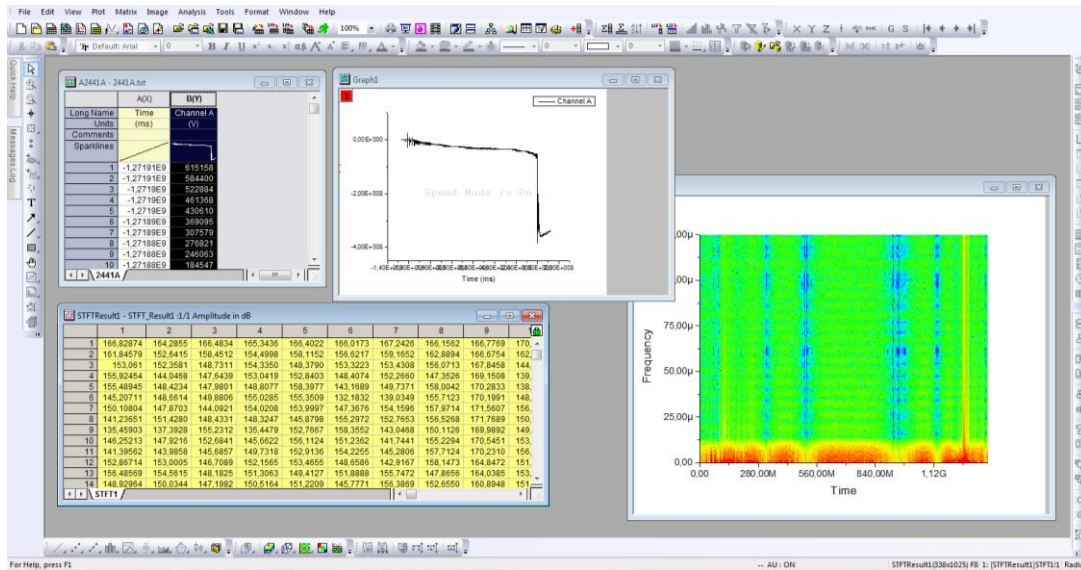


HASIL DAN PEMBAHASAN

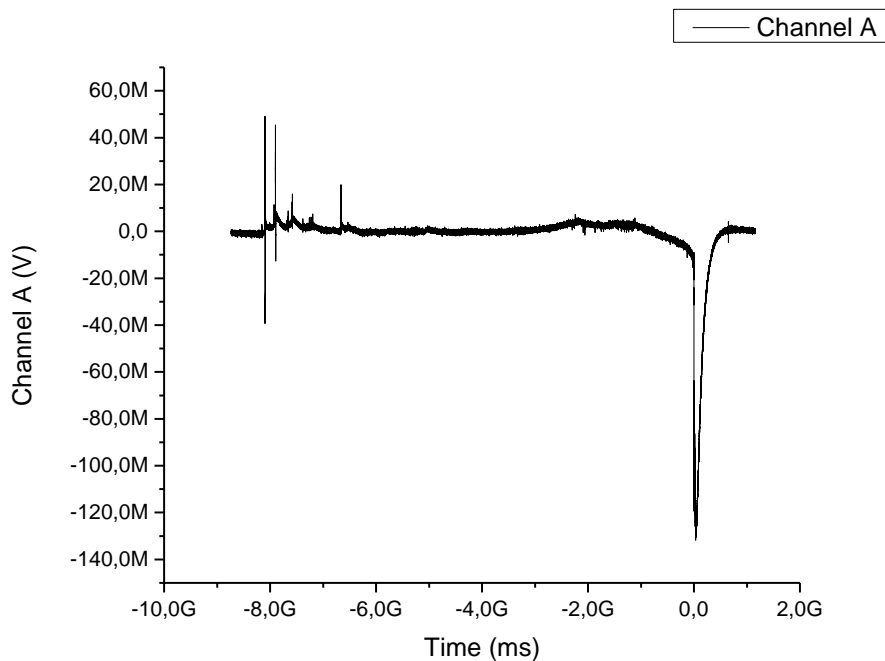
Data hasil pembacaan dari picoscope seperti dibawah ini :



Gelombang yang terbaca akan dikonversikan berupa format txt dan csv untuk di olah menjadi analisa gelombang, dimana data yang berdomain waktu di konversikan menjadi domain frekuensi.



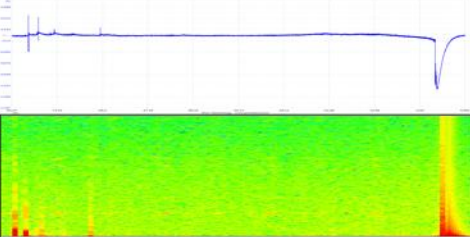
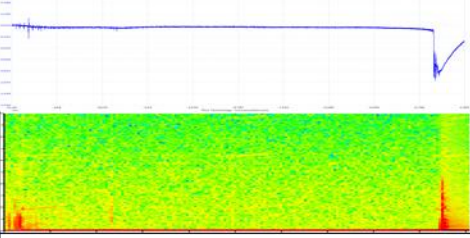
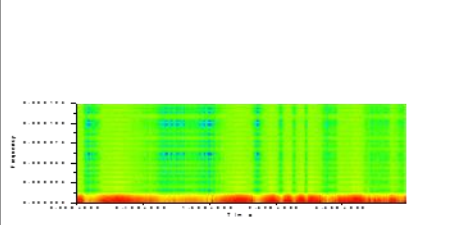

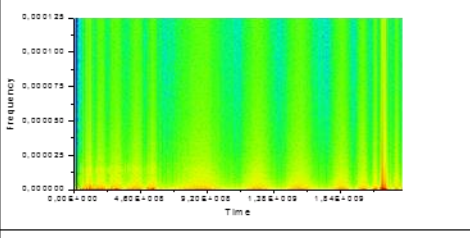

Hasil analisis gelombang yang diperoleh dengan menggunakan FFT didapat sebagai berikut :



Gambar 1.3. Hasil analisis STFT dari citra osiloskop

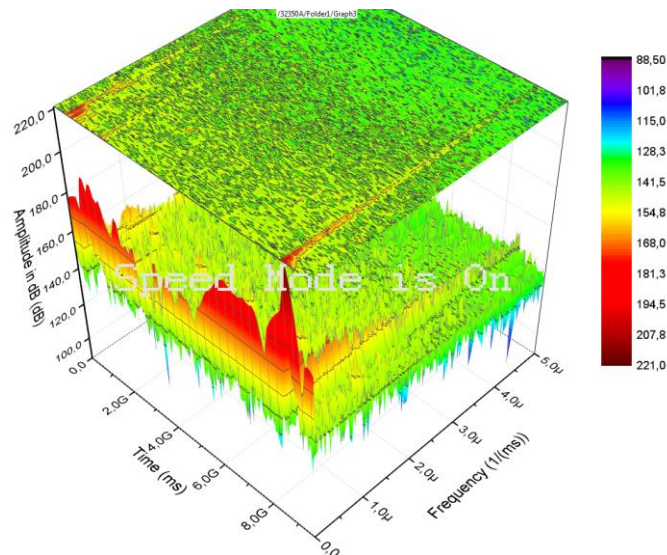
Data yang telah dikelompokkan di analisa dan ditampilkan dalam sebuah grafik spektrogram agar data dapat di visualisasikan dalam sebuah bentuk praktis untuk memudahkan dalam pembacaan. Tampilan data pada sebuah grafik spektrogram juga akan mempermudah dalam melakukan analisa ketika terdapat data dengan pola yang tidak jelas. Sebelumnya data tersebut dikelompokkan sesuai dengan parameter yang diukur. Pada penelitian ini parameter

yang diukur yaitu durasi waktu terjadinya intermediate dan membandingkan perubahan medan yang terjadi dengan melihat ketiga sensor yang digunakan.

No	Sampling Rate	Name File	Tanggal	Jam	Screenshot of 2D Spectrum Analysis	Waktu terjadinya SLS			Terdapat perubahan medan*		Ket
						0 (ms)	1 (ms)	2 (ms)	Ya	Tidak	
1	1 1/3/s	2024-05-08-0001 (22280) LP	15-Mar-20	35:04:04		34,921	40,811	22,799	Ya	Tidak	
	25 1/3/s	2024-12-10-0001 (28200) LP		35:04:02		34,933	40,113	22,487			
	2024-12-10-0001 (28200) HP	35:04:04			34,933	40,113	22,487				
2	1 1/3/s	2024-05-08-0001 (22211) LP	15-Mar-20	34:13:48		5,016	15,69	1,647	Ya	Tidak	perubahan gelombang yang terjadi
	25 1/3/s	2024-12-10-0001 (22111) LP		34:13:42		4,904	15,67	1,52			
	2024-12-10-0001 (22111) HP	34:13:42			4,904	15,67	1,52				

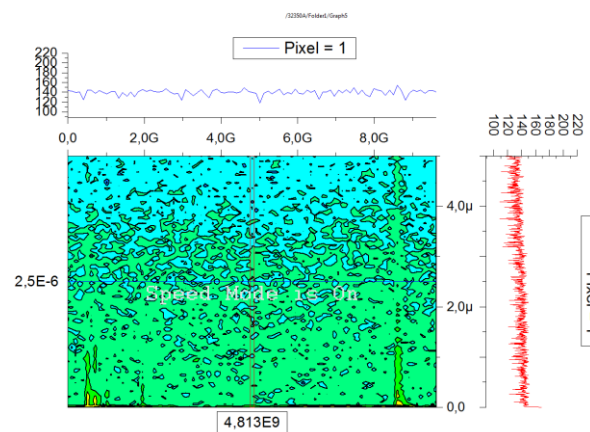
Gambar 1.4 Spektrogram Hasil analisis 2D spektrum dengan aplikasi OriginPro

3/4



Gambar 1.4 Spektrogram Hasil analisis spektrum 3D dengan aplikasi OriginPro

3/5



Gambar 1.5 Grafik kontur spektrum gelombang

Dari perhitungan dengan analisa fourier didapat tampilan spektrum gelombangnya, analisis spektrum gelombang ini digunakan untuk menentukan pola sinyal yang terbaca oleh picoscope.

KESIMPULAN

Transformasi fourier digunakan untuk mengubah domain spasial pada citra menjadi domain frekwensi. Penggunaan aplikasi OriginPro untuk menganalisis citra gelombang yang didapat dari pembacaan osiloskop, sangat membantu sekali, terlebih untuk menganalisis bentuk gelombang berdasarkan perubahan frekuensi terhadap waktu.

Transformasi Fourier dari sinyal memberi tahu Anda frekuensi apa yang ada dalam sinyal Anda dan dalam proporsi apa .

DAFTAR PUSTAKA

- Bendat, J.S. and Piersol, A.G. 1986. Random Data: Analysis and Measurement Procedures, second edition. Wiley -Interscience, New York
- Elsevier Francesco Lattarulo, *Electromagnetic Compatibility in Power Systems*. 2007

- E. A. Kasatkina, O. I. Shumilov, Y. A. Vinogradov, and A. N. Vasilyev, "Spectral characteristics of atmospheric pressure and electric field variations under severe weather conditions at high latitudes," pp. 6613–6626, 2006
- G. Maslowski, "Spectral Characteristics of the Electric Field Related to the Preliminary Breakdown Stage of Cloud-to-Ground Lightning Flashes," no. June, pp. 15–20, 2014
- James W. Cooley and John W. Tukey, An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math. Comput.* 19, 297 - 301 (1965)
- James C. Schatzman, Accuracy of the discrete Fourier transform and the fast Fourier transform. *SIAM J. Sci. Comput.* 17 (5), 1150 - 1166 (1996).
- Julius O. Smith III and Xavier Serra. PARSHL: An Analysis/Synthesis Program for Non-Harmonic Sounds Based on a Sinusoidal Representation. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC-87, Tokyo), Computer Music Association, 1987.
- Matteo Frigo and Steven G. Johnson. FFTW. <http://www.fftw.org/>.
- M. Frigo and S. G. Johnson. The Design and Implementation of FFTW3. Proceedings of the IEEE 93 (2), 216 - 231 (2005)
- M. Ismail, M. Rahman, V. Cooray, S. Sharma, P. Hettiarachchi, and D. Johari, "Electric Field Signatures in Wideband, 3 MHz and 30 MHz of Negative Ground Flashes Pertinent to Swedish Thunderstorms," *Atmosphere (Basel)*, vol. 6, no. 12, pp. 1904–1925, 2015
- M. Riza, M. Esa, M. Riduan, and V. Cooray, "Wavelet analysis of the first electric field pulse of lightning flashes in Sweden," *Atmos. Res.*, vol. 138, pp. 253–267, 2014.
- N. A. Ahmad, Z. A. Baharudin, M. Fernando, and V. Cooray, "Radiation field spectra of long-duration cloud flashes," vol. 95, no. September 2014, pp. 91–95, 2015
- P. Hall and U. S. River, *SPECTRAL ANALYSIS OF SIGNALS Petre Stoica and Randolph Moses*. 2004
- Q. Li, K. Li, and X. Chen, "Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics Research on lightning electromagnetic fields associated with first and subsequent return strokes based on Laplace wavelet," vol. 93, no. 3, pp. 1–10, 2013.
- Smith, Julius O. 2003. Mathematics of the Discrete Fourier Transform (DFT). W3K Publishing
- S. Zulka Hendri * dan Ariandi Hazmi ** and PT. Elektro, "Karakteristik Preliminary Brankdown Petir Downward Leader Sebelum Sambaran Negatif Pertama", *JNas Tek. Eltro*, vol Vol:3 No. No1, pp.25-32, 2014
- Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. Introduction to Algorithms, Second Edition. MIT Press and McGraw-Hill, 2001. Chapter 30: Polynomials and the FFT, pp.822–848
- William H. Press, Brian P. Flannery, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling. 1992. Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press