

## DETEKSI SINYAL FLICKER MENGANDUNG NOISE BERBASIS HILBERT HUANG TRANSFORM

*Mohammad Jasa Afroni<sup>1)</sup>, Oktriza Melfazen<sup>2)</sup>*

*<sup>1),2)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Islam Malang  
Jl. MT Haryono 193, Dinoyo, Malang  
Email : [myasa69@gmail.com](mailto:myasa69@gmail.com)*

**Abstrak.** Makalah ini menyajikan metode baru berbasis Hilbert-Huang Transform (HHT) untuk mengekstrak komponen sinyal flicker tegangan yang mengandung noise. Pertama, noise direduksi dan sinyal selubung (modulasi) flicker diekstraksi dari sinyal asli dengan menggunakan HHT. Kemudian sinyal selubung tersebut diuraikan lebih lanjut menggunakan HHT untuk membuang komponen noise yang tidak signifikan serta memperoleh frekuensi dan amplitudo sinyal asli. Hasil dari proses ini adalah komponen sinyal carrier dan komponen sinyal modulasi (selubung) dapat diperoleh secara akurat. Metode yang diusulkan ini dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB.

**Kata kunci :** Hilbert Huang Transform, Flicker, Noise.

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang industri telah mengharuskan jaringan listrik mencatu sejumlah besar beban listrik yang berubah – ubah dan berdaya tinggi, seperti rolling mill, lokomotif listrik, tungku busur listrik, dan lain-lain. [1], [2]. Bila daya reaktif dan daya aktif peralatan ini berubah tajam, sejumlah besar fluktuasi tegangan dan flicker akan muncul dalam sistem distribusi, yang dapat membawa kerugian besar pada sistem produksi [3]. Oleh karena itu, fluktuasi tegangan dan flicker harus dideteksi dan dievaluasi dengan benar [4]. Fluktuasi tegangan dapat didefinisikan sebagai gelombang modulasi amplitudo frekuensi tunggal yang memodulasi frekuensi jala – jala sebagai frekuensi pembawa (carrier) [5].

Karena potensi negatif yang dikandungnya, sangatlah penting untuk dapat mengenali gelombang modulasi amplitudo dari sinyal flicker secara akurat dengan menggunakan metode analisis sinyal. Metode analisis sinyal konvensional yang banyak digunakan adalah Fourier Transform (FT), dengan salah satu versi digitalnya adalah algoritma Fast Fourier Transform (FFT). Fourier Transform mengasumsikan bahwa sinyal yang dianalisis adalah stasioner (tetap) sehingga metode ini tidak sesuai untuk menganalisis sinyal flicker yang bersifat non stasioner. Untuk menganalisis sinyal flicker yang mengandung noise, metode yang diusulkan di sini adalah Hilbert Huang Transform yang mampu mengekstrak informasi amplitudo dan frekuensi sesaat dari sinyal non stasioner.

#### 1.1 Hilbert Huang Transform (HHT)

HHT terdiri dari dua proses yang berbeda. Pertama, sinyal yang akan dianalisis didekomposisi dengan menggunakan proses Empirical Mode Decomposition (EMD) untuk memperoleh komponen sinyal dalam bentuk Intrinsic Mode Function (IMF) yang mengandung informasi frekuensi dan amplitudo dari komponen tersebut [6]. EMD menguraikan sinyal ke dalam bentuk IMF secara urut dari frekuensi tertinggi ke frekuensi terendah. Apabila sinyal telah terdekomposisi, Hilbert Transform (HT) kemudian dapat diterapkan ke setiap IMF untuk memperoleh amplitudo dan frekuensi sesaat vs. waktu. Kombinasi proses EMD dan Hilbert Transform dikenal sebagai HHT [7].

**A. Empirical Mode Decomposition (EMD)**

Langkah pertama dalam algoritma HHT adalah menguraikan sinyal asli  $S(t)$  menjadi komponennya dalam bentuk IMF melalui proses EMD. Hasil dari proses EMD adalah bentuk gelombang yang dapat dianggap sebagai IMF apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut [8]:

- (a) Terdapat hanya 1 nol di antara dua titik ekstrim lokal yang berdekatan
- (b) Nilai rata – rata lokal harus sama dengan nol

Langkah – langkah untuk menjalankan proses EMD adalah sebagai berikut:

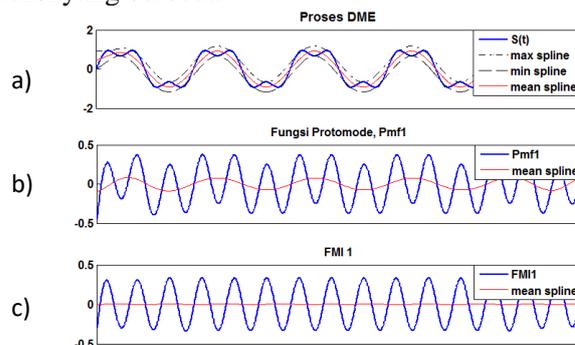
1. Carilah maxima dan minima lokal dari sinyal asli  $S(t)$
2. Dengan menggunakan interpolasi kubik spline, hubungkan semua maxima untuk mendapatkan selubung maxima  $C_{max}(t)$  dan hubungkan semua minima untuk mendapatkan selubung minimum  $C_{min}(t)$ .
3. Hitunglah rata – rata dari kedua selubung tersebut  

$$C_{mean}(t) = (C_{max}(t) + C_{min}(t))/2 \quad (1)$$
4. Hitung calon IMF pertama (fungsi proto mode,  $P_{mf1}(t)$ ),  

$$P_{mf1}(t) = S(t) - C_{mean}(t). \quad (2)$$
5. Periksa apakah  $P_{mf1}(t)$  memenuhi syarat untuk menjadi IMF, bila ya, maka IMF  $\psi(t) = P_{mf1}(t)$ . Bila tidak, ulang langkah 1 – 4 pada  $P_{mf1}$  sehingga syarat menjadi IMF terpenuhi.
6. Hitung residu pertama  $r_1(t)$ ,  

$$r_1(t) = S(t) - \psi(t) \quad (3)$$
7. Periksa apakah amplitudo maksimum residu berada di bawah suatu ambang batas atau jumlah maksima atau minima kurang dari empat, jika betul maka hentikan proses EMD, jika tidak, ulangi langkah 1 - 6 pada residu  $r_1(t)$ .

Gbr 1 menunjukkan ilustrasi sederhana proses EMD dari sinyal yang mengandung beberapa komponen dengan frekuensi yang berbeda.



Gambar. 1 Proses EMD dari sinyal sederhana, (a) Sinyal yang akan diproses berikut maxima dan minimanya, (b) Fungsi proto-mode pertama, (c) IMF pertama

Selubung – selubung maxima dan minima dari sinyal  $S(t)$  pertama kali diperoleh dengan menggunakan interpolasi spline kubik, rerata dari selubung ini kemudian dihitung dan dikurangkan dari  $S(t)$  yang menghasilkan  $P_{mf1}$ , ditunjukkan pada Gbr 1(b) yang masih belum memenuhi syarat sebagai IMF, karena rerata lokalnya tidak nol. Langkah-langkah di atas perlu diulang untuk memproses  $P_{mf1}$  sehingga memenuhi syarat untuk menjadi IMF pertama. Setelah 5 iterasi, IMF pertama diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Gbr 1 (c) di mana kondisi untuk menjadi IMF terpenuhi yaitu: (i) ada satu nol antara dua ekstrem lokal berurutan dan (ii) rerata lokal adalah nol. Setelah semua IMF diperoleh, masing-masing IMF kemudian diproses menggunakan Hilbert Transform.

## B. Hilbert Transform (HT)

Hilbert Transform dari suatu IMF  $x(t)$  dengan variabel kontinyu  $t$  didefinisikan sebagai:

$$H[x(t)] = \frac{1}{\pi} P \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau \quad (4)$$

Dimana:  $P$  adalah integral nilai pokok Cauchy

Dapat ditunjukkan bahwa, Hilbert Transform dari suatu sinyal secara efektif menghasilkan sinyal ortogonal yang sudut fasanya bergeser sebesar 90 derajat dari sinyal asli.

Dengan mendefinisikan sebuah sinyal  $z(t)$  sebagai:

$$z(t) = x(t) + H[x(t)] = x + j y = a(t)e^{j\theta(t)} \quad (5)$$

Nilai frekuensi dan amplitudo  $z(t)$  sesaat dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Nilai Amplitude sesaat: } a(t) = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (6)$$

$$\text{Nilai frekuensi sesaat: } \omega(t) = \frac{d\theta}{dt} \quad (7)$$

Dengan cara ini, HT dari IMF  $x(t)$ , menghasilkan amplitudo dan frekuensi seketika. Namun, ini hanya berlaku jika IMF yang diwakili oleh  $x(t)$  adalah sinusoida murni dengan frekuensi tunggal.

## 2. Analisa dan Pembahasan Sinyal Flicker

Untuk menguji bagaimana EMD bekerja dengan sinyal non-stasioner yang mengandung flicker, didefinisikan sebuah sinyal flicker  $S_f(t)$  sebagaimana persamaan (8).

$$\begin{aligned} S_c(t) &= \sin(2\pi * 50 * t_a) \\ S_m(t) &= 1 + 0.4 * \sin(2\pi * 10 * t_a) \\ S_f(t) &= S_c(t) * S_m(t) \end{aligned} \quad (8)$$

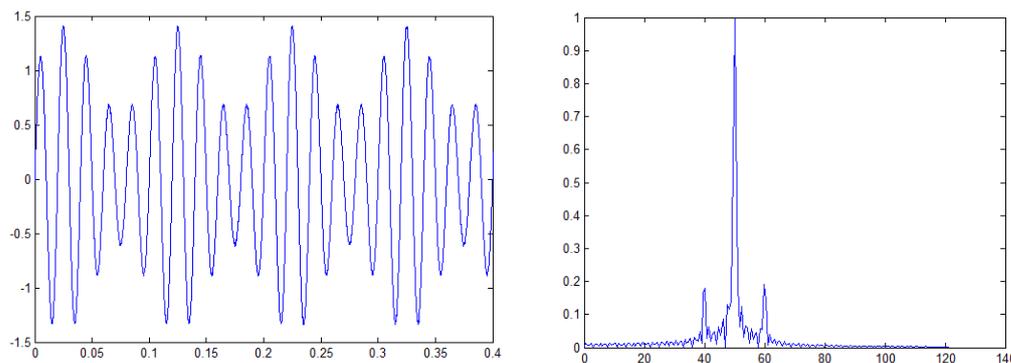
Di mana:

$S_c(t)$  adalah sinyal carrier (pembawa), 50 Hz

$S_m(t)$  adalah sinyal modulasi dengan frekuensi 10 Hz (selubung sinyal flicker)

$S_f(t)$  adalah sinyal flicker.

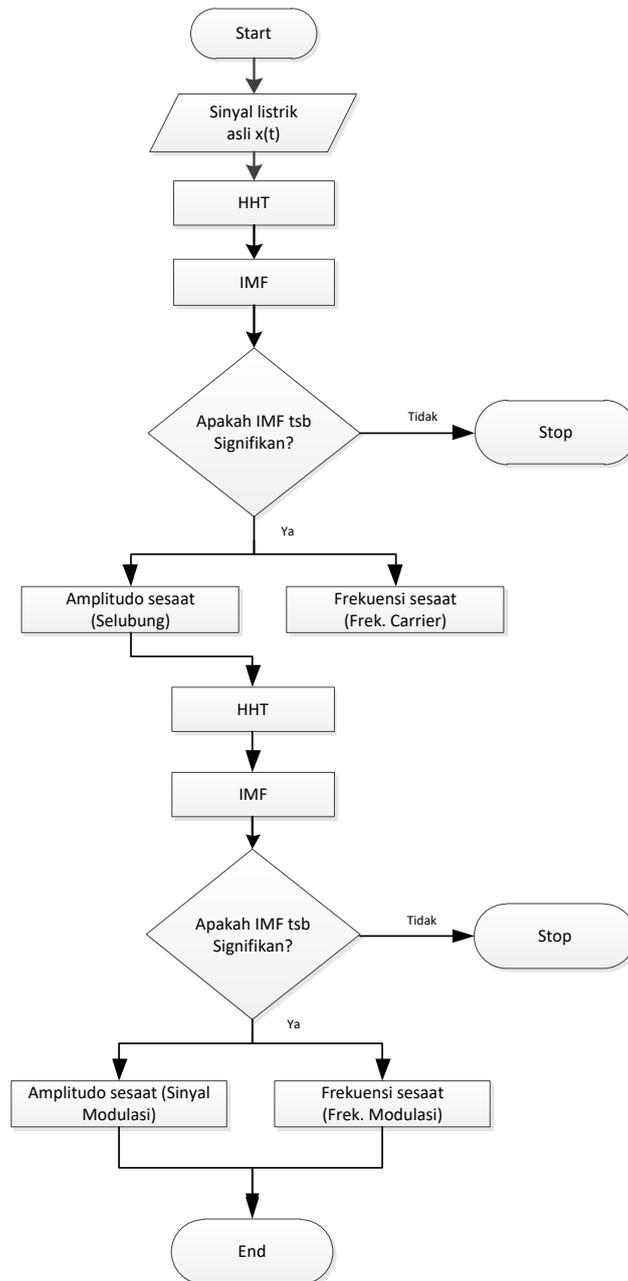
Sinyal flicker ini diberikan tambahan noise (white gaussian noise) dengan menggunakan fungsi `awgn` pada Matlab. Level noise yang digunakan adalah pada skala 40. Gambar sinyal flicker yang mengandung noise ditunjukkan pada gambar 2(a). Adapun hasil analisis sinyal menggunakan FFT ditunjukkan pada Gambar 2(b).



Gambar 2 (a) Sinyal Flicker mengandung noise. (b) Plot FFT sinyal  $S_f(t)$

Nampak pada gambar 2(b) di atas bahwa FFT dapat mendeteksi sinyal fundamental 50 Hz dengan benar, tetapi tidak dapat mengidentifikasi frekuensi sinyal flicker dengan akurat. Hal ini dikarenakan

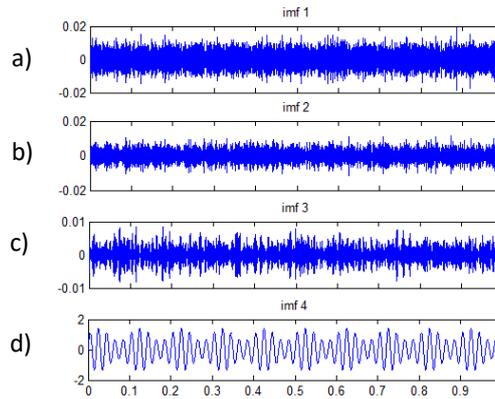
FFT hanya sesuai untuk analisis sinyal stasioner (tidak berubah), sedangkan sinyal flicker adalah sinyal yang amplitudonya berubah terhadap waktu atau dengan kata lain, memiliki sifat non stasioner. Dalam paper ini, diusulkan sebuah cara sinyal flicker dengan menggunakan algoritma berbasis HHT sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Algoritma ini menggunakan HHT untuk menguraikan sinyal asli menjadi komponen – komponennya dalam bentuk IMF. Di antara IMF itu terdapat komponen yang tidak signifikan yang mungkin berasal dari noise yang harus diabaikan dalam mendekomposisi sinyal asli. Karena itu ditambahkan prosedur untuk menyeleksi hanya IMF yang signifikan saja untuk diproses lebih lanjut. IMF yang signifikan dapat diidentifikasi dari nilai sesaat sudut fasa yang relatif stabil. Berdasarkan eksperimen, standar deviasi dari nilai sesaat sudut fasa IMF yang signifikan selalu bernilai kurang dari 30. Plot nilai sesaat sudut fasa dapat diperoleh dari proses Hilbert Transform.



Gambar 3. Algoritma dekomposisi sinyal flicker berbasis HHT

Dengan menggunakan EMD, sinyal pada Gambar 2(a) diuraikan menjadi komponen – komponennya dalam bentuk IMF seperti pada gambar 4. Nampak bahwa EMD telah dapat memisahkan kandungan

noise dari sinyal asli, noise dapat didekomposisi pada IMF 1 - 3. Adapun Sinyal flicker dengan kandungan noise rendah dapat diekstrak pada IMF4.



Gambar 4 Hasil proses EMD. IMF 1 – 4

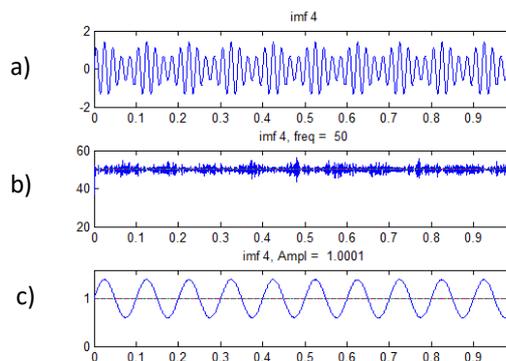
Dengan menggunakan Hilbert Transform, masing masing IMF di atas dapat diketahui nilai sesaat amplitudo dan frekuensinya. Dari nilai sesaat ini dapat dihitung nilai rata – rata amplitudo dan frekuensi masing masing IMF sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Proses Hilbert Transform

No IMF	Amplitudo rata- rata (p.u)	Frekuensi rata – rata (Hz)
1	0.0099937	3379
2	0.00579	1832
3	0.0046	974
4	1.0002	50

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa IMF1 – 3 memiliki frekuensi tinggi dan amplitudo rendah yang menunjukkan bahwa komponen ini merepresentasikan kandungan noise pada sinyal  $S_f(t)$ . IMF 4 merepresentasikan sinyal flicker yang noisenya telah tereduksi dengan nilai frekuensi dan amplitudo dapat dideteksi dengan akurat. Berdasarkan kriteria IMF signifikan, hanya IMF4 yang dapat dipertimbangkan sebagai komponen signifikan dari sinyal  $S_f(t)$ . Dengan demikian, hanya IMF4 yang akan diproses lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

Hasil proses Hilbert Transform dari IMF4 adalah berupa nilai sesaat amplitudo dan frekuensi yang dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut:

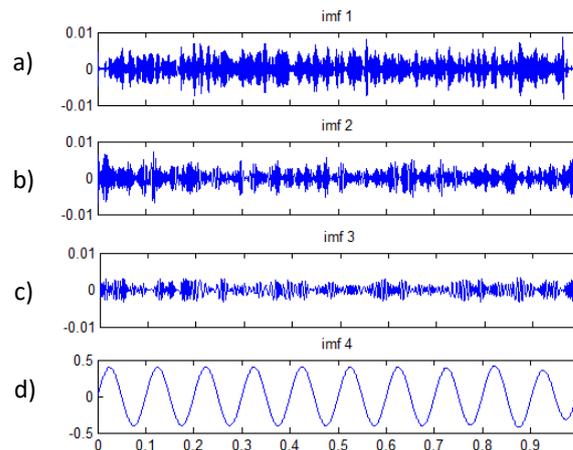


Gambar 5

Hasil proses Hilbert Transform dari IMF4.

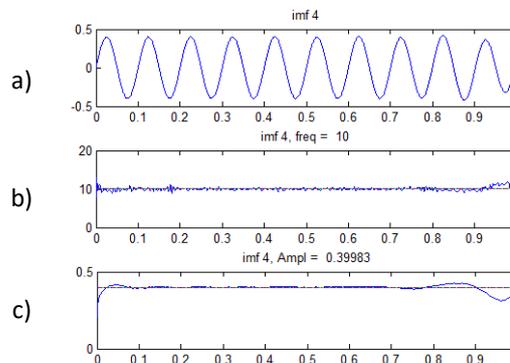
- (a) IMF4 (b) Frekuensi sesaat (c) Amplitudo sesaat

Untuk memperoleh frekuensi dan amplitudo gelombang modulasi (komponen selubung), sinyal amplitudo sesaat pada gambar 5(c) diproses lebih lanjut menggunakan HHT untuk memperoleh IMF sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Hasil proses EMD dari sinyal modulasi. IMF 1 - 4

Nampak pada Gambar 6 bahwa EMD telah dapat memisahkan kandungan noise yang masih tersisa pada sinyal modulasi (selubung) yang ditunjukkan pada gambar 5(c). Kandungan sisa noise dapat didekomposisi pada IMF 1 - 3. Adapun Sinyal modulasi asli dapat diekstrak pada IMF4. Dengan menggunakan Hilbert Transform, masing masing IMF di atas dapat diketahui nilai sesaat amplitudo dan frekuensinya. Sebagai contoh, amplitudo dan frekuensi sesaat dari IMF 4 (gambar 6(d)) ditunjukkan pada Gambar 7. Dari nilai sesaat ini dapat dihitung nilai rata – rata amplitudo dan frekuensi dari IMF 1-4 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 7 Hasil proses Hilbert Transform dari IMF4 (Gb 6.d).

Tabel 2. Hasil Proses Hilbert Transform

No IMF	Amplitudo rata- rata (p.u)	Frekuensi rata – rata (Hz)
1	0.00292	502
2	0.00221	288
3	0.0015	159
4	0.3998	10

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa IMF1 – 3 memiliki frekuensi tinggi dan amplitudo rendah yang menunjukkan bahwa komponen ini merepresentasikan kandungan noise pada sinyal  $S_m(t)$ . Dengan demikian, IMF 1 – 3 tidak memnuhi syarat sebagai IMF yang signifikan, sehingga dapat diabaikan. IMF 4 merepresentasikan sinyal modulasi (selubung) asli tanpa noise dengan nilai frekuensi 10 dan amplitudo 0.4 p.u. yang menunjukkan bahwa sinyal modulasi telah dapat dideteksi dengan akurat.

### 3. Kesimpulan

Dalam makalah ini, metode HHT telah digunakan untuk menguraikan komponen komponen dari sinyal flicker. Metode HHT pertama kali digunakan untuk mereduksi kandungan noise pada sinyal flicker asli. Dari sinyal ini dapat diidentifikasi nilai frekuensi dan amplitudo dari komponen fundamental secara akurat. Nilai amplitudo sesaat dari sinyal flicker tersebut kemudian diproses lebih lanjut dengan HHT untuk memperoleh nilai sesaat amplitudo dan frekuensi dari komponen sinyal modulasi. Berdasarkan hasil simulasi, dapat ditunjukkan bahwa metode HHT telah dapat mengidentifikasi komponen – komponen sinyal flicker secara akurat.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Menristek DIKTI yang telah menyediakan dukungan dana dalam penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] S. Bhattacharyya, S. Cobben, J. Myrzik, and W. Kling, "Flicker propagation and emission coordination study in a simulated low voltage network," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 20, pp. 52-67, 2010.
- [2] M. Maksic and I. Papic, "Analysis of flicker propagation with representative samples of network voltage," *IEEE Transactions On Power Delivery*, vol. 26, pp. 2066-2067, 2011.
- [3] G. Montanari, M. Loggini, A. Cavallini, L. Pitti, and D. Zaninelli, "Arc-furnace model for the study of flicker compensation in electrical networks," *IEEE Transactions On Power Delivery*, vol. 9, pp. 2026-2036, 1994.
- [4] Y. Liu and H. Yang, "Voltage flicker detection based on independent component analysis," *Electr. Power Autom Equip*, vol. 27, pp. 34-37, 2007.
- [5] S.-H. GUO, C. HUANG, L. WANG, and G.-j. CAO, "Detection and suppression methods for voltage fluctuation and flicker [J]," *Relay*, vol. 3, pp. 011, 2004.
- [6] M. J. Afroni, D. Sutanto, and D. Stirling, "Analysis of Non-Stationary Power Quality Waveforms Using Iterative Hilbert Huang Transform and SAX Algorithm " *IEEE Transactions on Power Delivery* vol. 28, pp. 2134 - 2144, 2013
- [7] M. J. Afroni and D. Sutanto, "The Hilbert Huang transform for decomposition of power quality waveforms," in *Power Engineering Conference (AUPEC), 2014 Australasian Universities*, 2014, pp. 1-6.
- [8] G. Rilling, P. Flandrin, and P. Goncalves, "On empirical mode decomposition and its algorithms," in *IEEE-EURASIP workshop on nonlinear signal and image processing*, 2003, pp. 8-11.