

# IDENTIFIKASI ANTI ALIASING FILTER YANG TERDAPAT PADA MSA BUATAN HP TIPE HP3566A DENGAN BANTUAN METODE TRANSFORMASI TRAPESIUM

Michael Rembet, Stenly Tangkuman  
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado

## ABSTRAK

Pengukuran sinyal getaran dapat dilakukan dengan bantuan perangkat akuisisi data digital. Salah satu contoh perangkat ini adalah MSA (*Multichannel Spectrum Analyzer*) buatan Hewlett Packard tipe HP3566a. Pada perangkat akuisisi data tersebut digunakan rangkaian AAF (*Anti Aliasing Filter*) yang bertujuan untuk menekan pengaruh aliasing terhadap spektrum sinyal yang diakuisisi. Sayangnya penggunaan AAF tidak disertai informasi parameter seperti jenis dan orde filter.

Dalam penelitian ini, diungkapkan tentang identifikasi AAF pada MSA HP3566a. Identifikasi tersebut dilakukan dengan cara suaian kurva (*curve fitting*) Magnitudo FRF dari AAF dengan kurva Magnitudo AAF teoritik. Selain itu, suaian kurva juga dilakukan pada kurva Fasa FRF dari AAF dengan kurva Fasa AAF teoritik. Kurva Magnitudo dan Fasa AAF teoritik diperoleh dengan bantuan metode transformasi Trapesium.

Berdasarkan pengukuran FRF dari AAF, disimpulkan bahwa AAF pada MSA HP3566a merupakan filter lalu rendah (*low-pass filter*). Filter tersebut terdiri dari dua buah filter jenis Butterworth berorde delapan yang terhubung seri.

Kata kunci: *Anti Aliasing Filter*, Metode Trapesium

## 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pengukuran spektrum sinyal dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat pengukuran data digital. Salah satu contoh perangkat tersebut adalah MSA buatan Hewlett Packard tipe HP3566a. Sebelum spektrum sinyal diukur oleh MSA, sinyal tersebut terlebih dahulu perlu dikonversi dari domain waktu kontinu ke domain waktu diskrit. Proses konversi tersebut disebut sebagai proses pencuplikan sinyal. Proses pencuplikan pada MSA dilakukan dengan bantuan ADC (*Analog to Digital Converter*). Menurut teorema Shannon [Sturm dan Kirk (1994)], proses pencuplikan oleh ADC harus dilakukan dengan frekuensi cuplik lebih besar dari dua kali frekuensi tertinggi sinyal. Jika teorema ini tidak terpenuhi, maka akan terjadi fenomena *aliasing*. Salah satu cara untuk memastikan fenomena *aliasing* tidak terjadi adalah pada MSA digunakan AAF [Sinha (1991), McConnell (1995), Ewins (2000)]. AAF adalah filter lalu rendah yang berfungsi agar lebar spektrum sinyal yang akan dicuplik dapat dibatasi. AAF digunakan sebelum proses pencuplikan oleh ADC sehingga komponen frekuensi diatas frekuensi Nyquist dapat dieliminasi [McConnell (1995)]. Supaya hasil pengukuran dengan penggunaan AAF lebih pasti, maka parameter AAF perlu diidentifikasi lebih dahulu.

Hingga saat ini penelitian tentang identifikasi parameter AAF telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Diantaranya adalah D'Antona,

Di Rienzo dan Ottoboni [1999] yang menerangkan bahwa identifikasi AAF dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak. Penggunaan perangkat lunak tersebut ternyata dapat meningkatkan akurasi proses identifikasi. Namun pada penelitian ini, identifikasi dilakukan dengan bantuan metode *well-tailored identification procedure*.

Peneliti lainnya [Pizano (2011)] mengungkapkan bahwa identifikasi sistem dapat dilakukan dengan bantuan persamaan *non-linier*. Persamaan tersebut dibandingkan dengan fungsi respon frekuensi (FRF) sistem. Namun pada penelitian ini, persamaan *non-linier* sebagai persamaan pembanding diperoleh dengan bantuan *artificial neural networks* (ANN). Penurunan persamaan ini dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah penggunaan sistem *single input-single output* (SISO). Cara kedua adalah penggunaan sistem *multi input-single output* (MISO). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa akurasi sistem MISO lebih baik dibandingkan dengan akurasi sistem SISO.

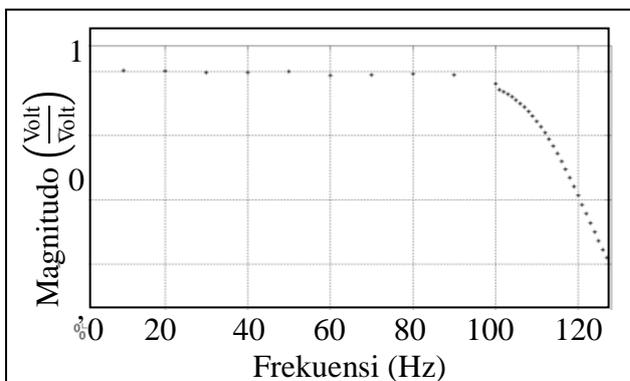
Dari dua penelitian di atas terungkap bahwa parameter AAF dapat diidentifikasi dengan bantuan berbagai metode. Namun dalam penelitian-penelitian tersebut belum diungkapkan tentang identifikasi AAF dengan bantuan metode Trapesium. Karena itu pada penelitian ini, jenis dan orde dari rangkaian AAF yang terdapat pada MSA HP3566a dapat diidentifikasi dengan bantuan metode Trapesium.

Akibat di atas, AAF yang dikaji adalah AAF yang terdapat pada MSA HP3566a. Perhitungan pada kajian tersebut dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Matlab versi 7.10.0.499. Selain itu pada penelitian ini, pengaruh distorsi yang terjadi pada sinyal-sinyal pengujian termasuk distorsi yang diakibatkan oleh sinyal jala-jala dari pembangkit listrik, diabaikan.

## 2. PENGUJIAN FRF DARI AAF

Pengujian FRF dari AAF dilakukan dengan tujuan agar diagram Magnitudo FRF dari AAF dapat diperoleh. Diagram tersebut akan dibandingkan dengan diagram Magnitudo FRF berdasarkan persamaan teoritik dalam domain z. Diagram Magnitudo FRF teoritik didasarkan pada parameter AAF yang diperkirakan terlebih dahulu. Parameter tersebut adalah jenis dan orde filter.

Pengujian FRF dari AAF dilakukan dengan cara, AAF dieksitasi dengan sinyal sinus untuk beberapa frekuensi uji. Frekuensi uji ini divariasikan dalam selang frekuensi dari 10 Hz hingga 127 Hz. Pada selang frekuensi dari 10 Hz hingga frekuensi potong dari AAF yaitu sebesar 100 Hz, interval frekuensi uji adalah sebesar 10 Hz. Sementara itu interval frekuensi uji dalam selang frekuensi dari frekuensi potong hingga 127 Hz, adalah sebesar satu Hz. Ini dilakukan karena penurunan magnitudo FRF dari AAF di atas frekuensi potong AAF lebih curam dibandingkan dengan penurunan magnitudo FRF dari AAF di bawah frekuensi potong AAF. Diagram Magnitudo FRF dari AAF digambarkan dalam Gambar 1. Pada gambar ini terlihat bahwa pada selang frekuensi lolos (*pass-band frequency*), tidak terdapat riak frekuensi. Ini berarti bahwa kemungkinan jenis filter dari AAF yang terdapat pada MSA HP 3566a adalah filter jenis Butterworth atau jenis filter Chebyshev tipe II. Kedua jenis filter tersebut juga tidak memiliki riak pada selang frekuensi lolos. Karena itu, Magnitudo FRF teoritik akan didasarkan pada kedua jenis filter di atas.



Gambar 1. Magnitudo FRF dari AAF yang terdapat pada MSA HP3566a

## 3. METODE TRANSFORMASI TRAPESIUM

Metode transformasi Trapesium digunakan sehingga persamaan AAF dalam domain s ditransformasikan ke domain z. Persamaan AAF dalam domain s yang dilambangkan dengan  $H_B(s)$  untuk filter lalu rendah jenis Butterworth berorde delapan adalah sebagai berikut :

$$H_B(s) = \frac{1}{\sum_{n=0}^8 a_n s^n} \dots\dots\dots (1)$$

Koefisien  $a_n$  pada persamaan 1 di atas ditabelkan dalam tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa koefisien terkecil adalah satu dan terbesar adalah 25,69.

Tabel 1. Koefisien Persamaan (1)

n	$a_n$	n	$a_n$	n	$a_n$
0	1	3	21,85	6	13,14
1	5,13	4	25,69	7	5,13
2	13,14	5	21,85	8	1

Selanjutnya jika dua buah filter lalu rendah jenis Butterworth berorde delapan dihubungkan seri, maka persamaan AAF dalam domain s yang dilambangkan dengan  $H_{2B}(s)$  dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H(s) = H_B(s) \times H_B(s) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{16} b_n s^n} \dots\dots\dots (2)$$

Koefisien  $b_n$  pada persamaan (2) ditabelkan dalam Tabel 2. Pada tabel tersebut terlihat bahwa masing-masing koefisien berubah secara simetris antara koefisien suku dengan s berpangkat terkecil hingga koefisien suku dengan s berpangkat terbesar. Koefisien terbesar adalah 2014,8 pada suku dengan s berpangkat delapan. Di lain pihak, koefisien terkecil adalah satu pada suku dengan s berpangkat nol dan 16.

Tabel 2. Koefisien Persamaan (2)

n	$b_n$	n	$b_n$	n	$b_n$
0	1	6	1403	12	448,22
1	10,26	7	1841,9	13	178,52
2	52,6	8	2014,8	14	52,6
3	178,52	9	1841,9	15	10,26
4	448,22	10	1403	16	1
5	881,5	11	881,5		

Persamaan (2) kemudian ditransformasikan ke persamaan AAF jenis Butterworth dalam domain z dengan bantuan metode transformasi Trapesium. Persamaan AAF jenis Butterworth dalam domain z yang dilambangkan dengan  $H_B(z)$ , dituliskan seperti berikut :

$$H_B(z) = \frac{\sum_{i=0}^{16} c_n z^i}{\sum_{i=0}^{16} d_n z^i} \dots\dots\dots (3)$$

Koefisien pembilang  $c_n$  dan penyebut  $d_n$  pada persamaan (3), ditabelkan dalam Tabel 3.

Persamaan (3) di atas diperoleh dengan periode cuplik sebesar 0,1 detik.

Persamaan AAF dalam domain  $s$  yang dilambangkan dengan  $H_C(s)$  untuk filter lalu rendah jenis Chebyshev tipe II berorde lima adalah sebagai berikut :

$$H_C(s) = \frac{0,5s^4 + 2s^2 + 1,61}{s^5 + 3,25s^4 + 5,15s^3 + 5,41s^2 + 3,3s + 1,61} \dots (4)$$

Persamaan (3) kemudian ditransformasikan ke persamaan AAF jenis Chebyshev tipe II dalam domain  $z$  dengan bantuan metode transformasi Trapesium. Persamaan AAF jenis Chebyshev tipe II dalam domain  $z$  yang dilambangkan dengan  $H_C(z)$ , dituliskan seperti berikut :

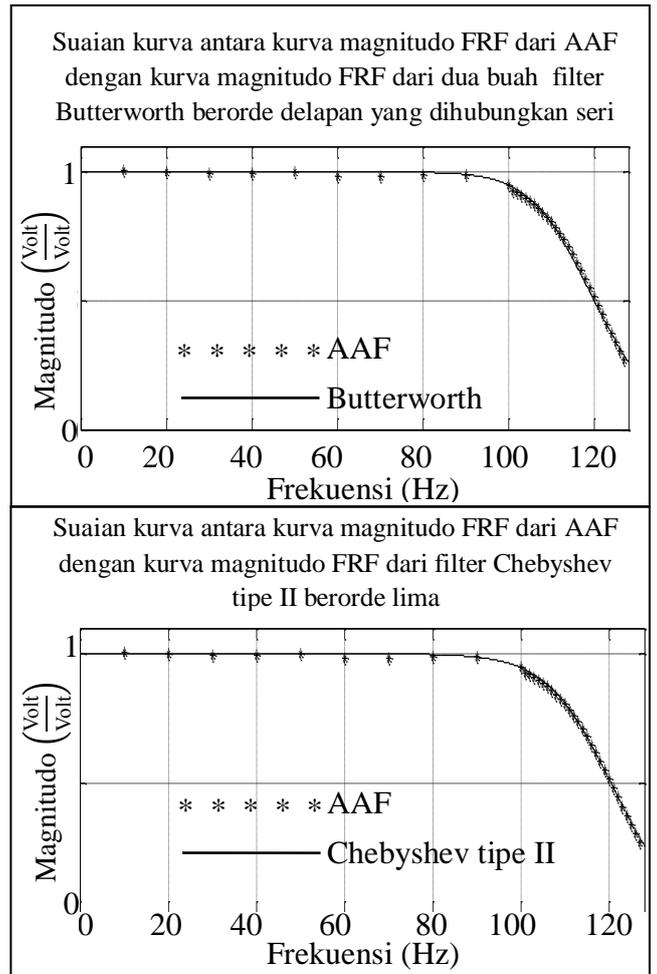
$$H_C(z) = \frac{0,67z^5 + 3,21z^4 + 6,29z^3 + 6,29z^2 + 3,21z + 0,67}{z^5 + 4,02z^4 + 6,68z^3 + 5,69z^2 + 2,49z + 0,45} \dots (5)$$

Tabel 2. Koefisien Persamaan (3)

i	$c_n$	$d_n$	i	$c_n$	$d_n$
0	0,13	1	9	1486	1006
1	2,1	12	10	1040	550
2	15,6	67	11	567	235
3	72,8	238	12	236	77
4	236	587	13	72,8	18,8
5	567	1077	14	15,6	3,2
6	1040	1515	15	2,1	0,34
7	1486	1670	16	0,13	0,017
8	1672	1455			

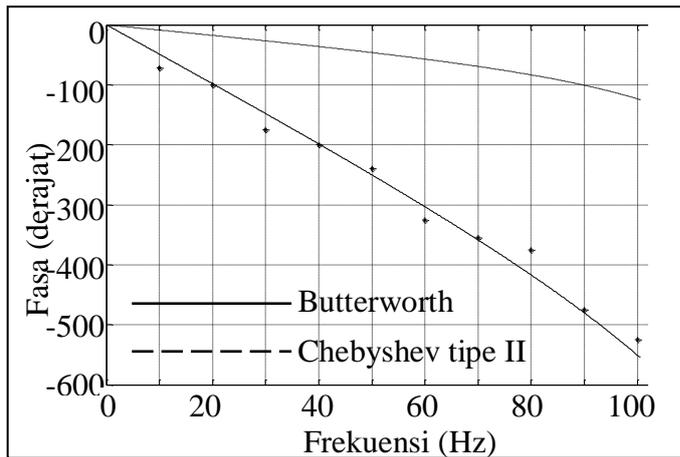
#### 4. VALIDASI PARAMETER FRF DARI AAF

Validasi parameter FRF dari AAF dilakukan dengan cara diagram Magnitudo FRF dari AAF dibandingkan dengan diagram Magnitudo FRF teoritik. Perbandingan tersebut dilakukan lewat proses suaian kurva antara kurva Magnitudo FRF dari AAF dan kurva Magnitudo FRF teoritik. Suaian kurva ini ditunjukkan dalam Gambar 2. Frekuensi potong (*cut off frequency*) dari tiap filter teoritik tersebut perlu diatur agar magnitudo FRF dari filter teoritik memiliki kurva yang paling bersesuaian dengan kurva magnitudo FRF dari AAF. Frekuensi potong dari filter Butterworth adalah sebesar 120 Hz sedangkan filter Chebyshev tipe II adalah sebesar 135 Hz.



Gambar 2. Suaian kurva antara kurva magnitudo FRF dari AAF dengan kurva magnitudo FRF dari dua buah filter Butterworth berorde delapan yang dihubungkan seri dan kurva magnitudo FRF dari filter Chebyshev tipe II

Karena kedua filter teoritik di atas memiliki kurva magnitudo FRF bersesuaian dengan kurva magnitudo FRF dari AAF, maka dilakukan perbandingan antara fasa dari AAF dengan fasa dari kedua jenis filter teoritik tersebut. Suaian kurva antara kurva fasa dari AAF dan kurva fasa dari dua buah filter Butterworth berorde delapan yang dihubungkan seri serta kurva fasa dari filter Chebyshev tipe II berorde lima ditunjukkan dalam Gambar 3. Filter teoritik yang memiliki kurva fasa bersesuaian dengan kurva fasa dari AAF adalah dua buah filter Butterworth berorde delapan yang dihubungkan seri. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jenis AAF adalah dua buah filter Butterworth yang dihubungkan seri dan orde kedua filter tersebut adalah delapan.



Gambar 3. Suaian kurva antara kurva fasa dari AAF dengan kurva fasa dari dua buah filter Butterworth berorde delapan yang dihubungkan seri dan kurva fasa dari filter Chebyshev tipe II

## 5. PENUTUP

Setelah dilakukan pengujian dan validasi parameter FRF dari AAF, diperoleh kesimpulan tentang parameter AAF. Kesimpulan tersebut adalah jenis AAF adalah Butterworth yang terdiri dari dua buah filter. Selain itu juga diperoleh kesimpulan yaitu

kedua filter tersebut dihubungkan seri dan masing-masing filter berorde delapan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- D'Antona, G.; Di Rienzo, L.; Ottoboni, R. (1999) : *Anti-aliasing Analog Low Pass Filter Transfer Function Parametric Spectral Estimation for Digital Compensation*, Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC/99, Proceedings of the 16th IEEE (Volume 2).
- Pizano, Daniel Gomez (2011) : *Comparison of Frequency Response and Neural Network Techniques for System Identification of an Actively Controlled Structure*, Dyna Journal (Volume 78)
- Ewins, D. J. (2000) : *Modal Testing : Theory, Practice and Application*, Research Studies Press LTD, Baldock.
- McConnell, Kenneth G. (1995) : *Vibration Testing : Theory and Practice*, John Wiley & Sons, New York.
- Sinha, Naresh K. (1991) : *Linear Systems*, John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- Strum, Robert D., Kirk, Donald E. (1994) : *Contemporary Linear Systems Using MATLAB®*, PWS Publishing Company, Boston.