

## **APLIKASI *FOURIER BANDPASS FILTER* UNTUK ELIMINASI *NOISE SIGNAL DOPPLER***

*(APPLICATIONS OF FOURIER BANDPASS FILTER FOR DOPPLER  
SIGNAL NOISE ELIMINATION)*

Sri Kliwati

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jln Raya LAPAN Rumpin Bogor Indonesia

Pos El : sri.kliwati@lapan.go.id

### **Abstrak**

Frekuensi signal Doppler yang sedang dikembangkan mempunyai rentang frekuensi antara 500 Hz hingga 3500 Hz pada radio 430 MHz. Oleh karena itu memerlukan bandpass filtering yang sangat tajam, supaya jika ada noise maka dapat dihilangkan. Tulisan ini mengaplikasikan Fourier filter untuk eliminasi noise signal Doppler tersebut, sehingga dapat meningkatkan akurasi perhitungan frekuensi menjadi kecepatan roket. Frekuensi bandpass filter sesuai disain Doppler untuk mendeteksi peluncuran roket hingga kecepatan 3 Mach. Hasil yang diperoleh menunjukkan signal dan frekuensi Doppler menjadi lebih bersih dan dapat direkonstruksi kembali signal yang telah tercampur noise untuk mendapatkan perhitungan frekuensi yang akurat.

**Kata Kunci:** Fourier filter, signal Doppler, peluncuran roket.

### **Abstract**

*Frequency Doppler signal that is being developed has a frequency range between 500 Hz and 3500 Hz in the 430 MHz radio. Therefore, it requires a very sharp bandpass filtering, so that if there is noise, it can be eliminated. This article applies Fourier filter for noise elimination of the Doppler signal, so as to improve the accuracy of calculation of the frequency into rocket speed. Frequency bandpass filter corresponding Doppler design to detect the launch of a rocket to a speed of Mach 3. The results demonstrate that signals and Doppler frequency become finer and can be reconstructed signal that has been mixed with noise to obtain an accurate frequency calculation.*

**Keywords:** *Fourier filter, Doppler signal, rocket launch.*

## **1. PENDAHULUAN**

Pengembangan Doppler di LAPAN dibagi dalam dua bagian yang dilakukan secara parallel. Yaitu untuk aplikasi jarak pendek dan aplikasi jarak menengah hingga jarak jauh. Aplikasi jarak pendek memerlukan frekuensi signal Doppler yang lebih tinggi, sedangkan untuk jarak jauh menggunakan frekuensi signal yang lebih rendah. Penggunaan frekuensi ini ditentukan oleh jarak maksimum yang perlu dideteksi. Signal Doppler yang digunakan berupa sinusoidal dengan frekuensi sekitar 2 kHz. Oleh karena itu *bandpass filter* yang dirancang harus tajam sesuai dengan frekuensi tersebut [1-4]. Beberapa tipe *bandpass filter* dapat diaplikasikan, akan tetapi *Fourier filter* lebih tepat, karena frekuensi signal yang akan difilter telah diketahui secara spesifik [5-7]. Eliminasi *random noise* ini dapat dilakukan secara *hardware* maupun *software* pada berbagai aplikasi [8,10]. Sampling data dilakukan dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) kecepatan tinggi (max 0,67 Megasampling/detik). Metoda ini merupakan bagian dari sistem Doppler sekunder yang dikembangkan yaitu pada bagian *software*nya.

Tulisan ini membahas metoda eliminasi *random noise* signal Doppler, menggunakan *digital filter* setelah data dapat diakuisisi oleh *hardware*. Hasil yang diperoleh menunjukkan signal Doppler dapat direkonstruksi kembali secara baik. Penambahan *random noise* juga divariasi amplitudonya (SNRnya) dari 3 sampai dengan 0,1.

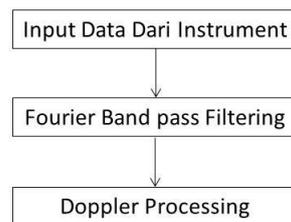
## **2. *FOURIER NOISE FILTERING***

Metoda eliminasi signal yang dilakukan adalah seperti pada gambar 2-1.



**Gambar 2-1** Eliminasi *noise* untuk signal Doppler.

Akuisisi data yang dilakukan CPU mempunyai sampling data 350 kilosampling/detik, sehingga satu buah gelombang signal Doppler dapat dibaca dengan data sebanyak kira-kira 100 data. Algoritma yang digunakan dapat diringkas seperti pada gambar 2-2 berikut. Mula-mula input data dari *radio receiver* diperoleh PC melalui kabel serial RS232 dengan kecepatan 115,2 kbps. Data dikirim sebanyak 2000 data setiap *framennya*. Kemudian data tersebut dihitung spektrumnya dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*), sehingga spektrum signal dapat diamati. Kemudian dari data spektrum tersebut, direkonstruksi kembali signal tersebut hanya pada frekuensi yang dilewatkan. Oleh karena itu *output signal* dapat kembali lagi seperti awal dengan menghilangkan signal-signal yang mempunyai frekuensi di luar batas yang telah ditentukan.



**Gambar 2-2** Algoritma eliminasi *noise* dengan *Fourier filtering*.

Persamaan *Fourier Transform* adalah sebagai berikut:

$$F(\omega) = \int f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

Dari Persamaan (1), keseluruhan sumbu waktu dirubah menjadi sumbu frekuensi. Kemudian dengan hanya memilih frekuensi pada batas tertentu (*bandpass filter*), maka signal  $f(t)$  diperoleh kembali dengan persamaan berikut:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int F(\theta) e^{-i\theta t} d\theta \quad (2)$$

Disini  $\theta$  adalah frekuensi pada batas yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta = [\omega]_{\omega_1}^{\omega_2} \quad (3)$$

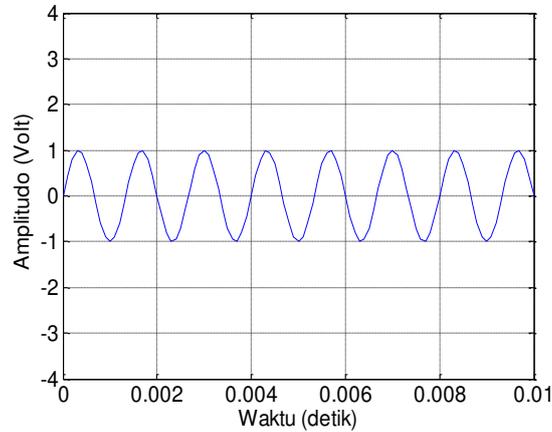
Disini  $\omega_1$  adalah batas bawah dan  $\omega_2$  adalah batas atas frekuensinya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan untuk menguji algoritma di atas dengan cara simulasi sebuah signal  $y(t)$  sebagai berikut:

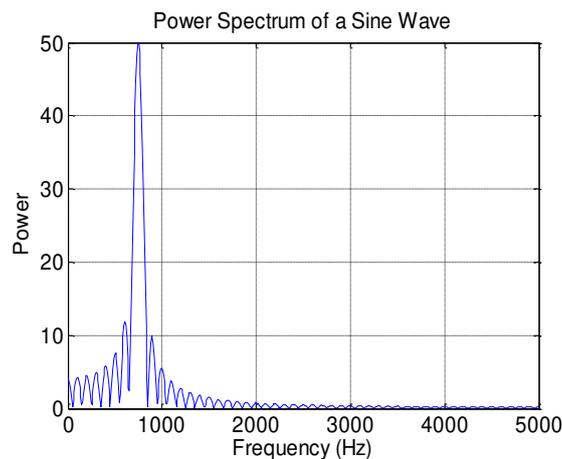
$$f(t) = \sin(2\pi 750)(t) \quad (4)$$

Frekuensi  $f$  adalah 750 Hz. Kemudian signal tersebut yang diterima ditambah dengan *random noise* serta signal dengan frekuensi 50 Hz dan 500 Hz.



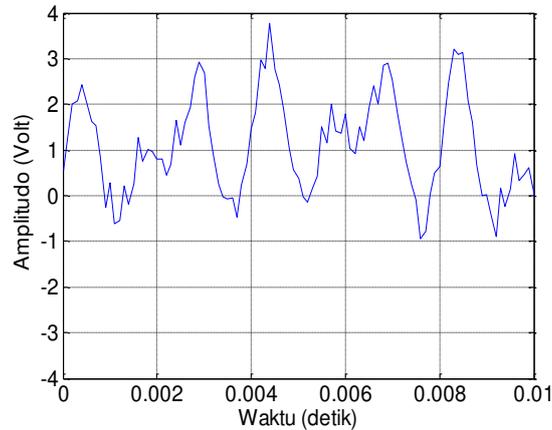
**Gambar 3-1** Simulasi signal Doppler tanpa *noise*.

Disini  $f(t)$  adalah *random noise*. Gambar 3-1 adalah signal Doppler yang diterima tanpa *noise*, yang telah diubah menjadi sumbu jarak pada sumbu x dengan cara mengalikan dengan kecepatan gelombang radio dan kemudian dibagi dua (Persamaan (1)). Kemudian signal pada Persamaan (2) yang telah ditambah *random noise* dengan SNR=1 (*Signal to Noise Ratio*). Jika signal ini diinputkan pada algoritma penentu jarak, maka *random noise* tersebut dapat mengurangi akurasi pengukuran. Oleh karena itu dengan menggunakan algoritma pada gambar 2-2, signal pada Persamaan (2) dapat dieliminasi *noisennya*. Gambar 3-2 adalah hasil perhitungan FFT untuk menunjukkan signal masih sangat bersih dengan hanya satu buah frekuensi yang dominan. Frekuensi signal Doppler antara 500 hingga 3500 Hz, tergantung dengan perubahan kecepatan roket, semakin cepat roket bergerak maka perubahan frekuensi signal Doppler ini semakin lebar. *Bandpass filter* yang digunakan harus dapat menjangkau frekuensi tersebut yaitu sekitar 3000 Hz dari saat belum bergerak hingga bergerak dengan kecepatan maksimum. Hal tersebut juga bergantung dengan frekuensi radio yang digunakan.



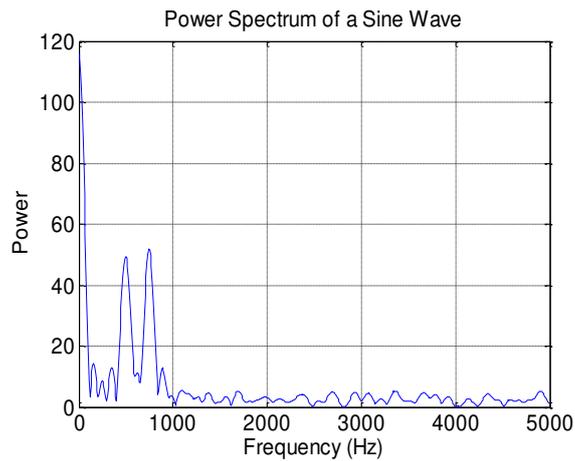
**Gambar 3-2** Spektrum signal Doppler tanpa *noise*.

Gambar 3-3 adalah signal yang telah tercampur dengan *random noise* dan hasil eliminasi *noise* dapat dilihat pada gambar 3-4.

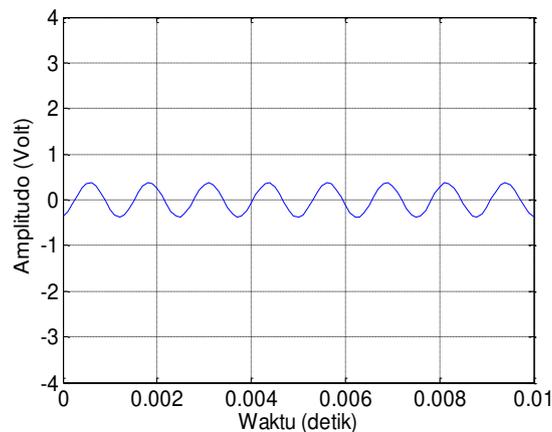


**Gambar 3-3** Simulasi signal Doppler dengan *noise*.

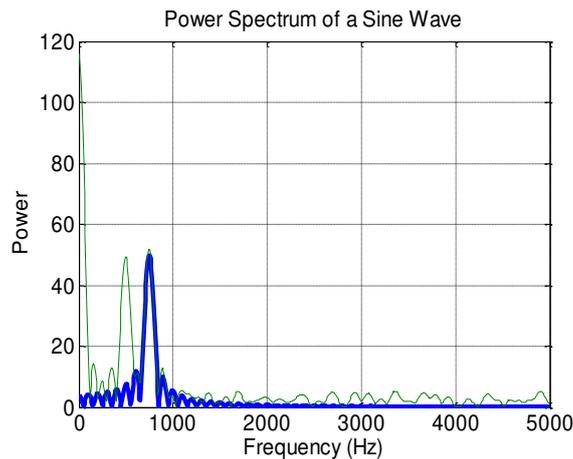
Kemudian gambar 3-5 adalah hasil eliminasi *random noise* dengan algoritma pada gambar 2-2. Hasil yang diperoleh terlihat, bahwa signal dapat kembali bersih dari gangguan dan terlihat sama dengan signal awal. Selain *random noise*, maka perlu juga ditambah signal dengan frekuensi yang lebih rendah seperti frekuensi signal AC dari *power supply* dengan frekuensi 50 Hz.



**Gambar 3-4** Spektrum signal Doppler dengan *noise*.



**Gambar 3-5** Signal Doppler hasil *filtering*.



**Gambar 3-6** Perbedaan spektrum signal Doppler dengan *noise* dan setelah *Fourier filtering*.

Gambar 3-5 menunjukkan signal Doppler masih dapat direkonstruksi kembali dengan baik. Hal ini selain nilai frekuensi gangguan yang cukup jauh juga pemilihan metoda yang sangat tepat. Grafik perbedaan spektrum frekuensi antara signal dengan *noise* dan hasil reduksi dapat dilihat pada gambar 3-6. Terlihat *filter* ini dapat bekerja secara optimal untuk menghilangkan gangguan signal baik untuk frekuensi rendah maupun frekuensi tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Signal Doppler yang diterima dari *receiver* dapat mengandung *random noise*. Signal tersebut dapat berhasil direkonstruksi kembali dengan menggunakan *Fourier filter*, sehingga didapat signal yang lebih bersih. Hasil pengukuran frekuensi juga dapat menjadi lebih akurat. Metoda ini sangat handal terhadap gangguan-gangguan *noise* dibawah 500 Hz dan diatas 3500 Hz.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada Pustekroket yang telah memberikan fasilitas demi lancarnya penelitian ini. Saya ucapkan terimakasih juga kepada teman-teman peneliti dan dosen yang telah membantu dan meluangkan waktunya untuk melakukan diskusi, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungan motivasinya.

#### PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Karl F. Nieman, "Doppler estimation and correction for shallow underwater acoustic communications", Proc. IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, November 7-10, 2010, Pacific Grove, California USA.
- 2) Nicholas A. Badcock, "A functional transcranial Doppler ultrasonography summary suite for the assessment of cerebral lateralization of cognitive function", J Neurosci Methods. 2012 Mar 15; 204(2-2): 383–388. doi: 10.1016/j.jneumeth.2011.11.018.
- 3) Deppe M1, Ringelstein EB, Knecht S., "The investigation of functional brain lateralization by transcranial Doppler sonography," Neuroimage. 2004 Mar;21(3):1124-46.
- 4) Subhankar Shome et al, "Moving Target Detection and Doppler Extraction Using Digital Spread Spectrum Radar", IJ. Intelligent Systems and Applications, 2014, 10, 47-54 Published Online September 2014 in MECS (<http://www.mecspress.org/>) DOI: 10.5815/ijisa.2014.10.07.
- 5) Alex G. F. de Beer et al, "Analysis of Complex Spectra Using Fourier Filtering", J. Phys. Chem. C, 2013, 117 (50), pp 26582–26587.

- 6) Ranganadh Narayanam , "*Implementation of FFT by using MATLAB: SIMULINK on Xilinx Virtex-4 FPGAs: Performance of a Paired Transform Based FFT*", International Journal of Advanced Computer Research (ISSN (print):2249-7277 ISSN (online):2277-7970) Volume-3 Number-2 Issue-10 June-2013.
- 7) Maitrayee Devi, A.A. Shinde,"*Signal Analysis of Real Time Signals to Remove Noise*", International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-3, Issue-1, October 2013.
- 8) Ms.Maitrayee Devi, Prof. A.A.Shinde," *Signal Analysis of Real Time Signals*", Volume 3, Issue 10, October 2013 ISSN: 2277 128X International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering.
- 9) Reonaldo Yohanes Sipasulta," *Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform)*", E-journal Teknik Elektro dan Komputer (2014), ISSN 2301-8402.
- 10) M. J. Roberts, "*Signals and Systems Analysis Using Transform Methods and MATLAB*", Department of Electrical and Computer Engineering University of Tennessee, New York, Americas, 2012.