

SIMULASI PENGARUH PENGGUNAAN FILTER BUTTERWORTH PADA MASUKAN SINYAL GETARAN ACAK TERHADAP NILAI RATA-RATA MAGNITUDO

Orlando Farcend Ficdy Tumbelaka¹⁾, Jotje Rantung²⁾, Michael Rembet³⁾
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Filter dalam penelitian ini dapat diartikan sebagai penyaring komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Dalam penelitian ini persentase beda magnitudo tertinggi pada jumlah eksitasi 15 kali, 30 kali, 45 kali hingga 150 kali dapat diketahui.

Sinyal eksitasi impact dan sinyal eksitasi acak dibangkitkan dengan bantuan Matlab versi 6.5. Sinyal acak dan sinyal impact yang dibangkitkan kemudian difilter dengan menggunakan filter Butterworth. Eksitasi sinyal acak dilakukan dengan bantuan Matlab versi 6.5. Simulasi dilakukan berulang-ulang yaitu 15 kali, 30 kali, 45 kali hingga 150 kali eksitasi. Setelah simulasi dilakukan, maka diperoleh magnitudo respon filter. Rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak yang diperoleh dibandingkan dengan magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal impact. Beda antara rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak dan magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal impact dinyatakan dalam persentase beda

Dari hasil simulasi dan perhitungan disimpulkan bahwa persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi 15 kali eksitasi yaitu sebesar 50%. Pada simulasi 60 kali hingga 150 kali eksitasi, grafik persentase beda magnitudo tertinggi cenderung datar. Selain itu, nilai rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak tidak ada yang dapat dianggap sama dengan nilai magnitudo filter akibat eksitasi sinyal impact, karena persentase beda magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak tertinggi berada diatas 5% dari nilai magnitudo filter akibat eksitasi sinyal impact.

Kata Kunci : Filter Butterworth, Sinyal Eksitasi Acak, Persentase Beda Magnitudo

ABSTRACT

Filter in this research is interpreted as screening of undesirable frequency component. In this research, the highest different percentage of magnitude for the 15, 30, 45 until 150 times of excitation can be obtained.

The impact excitation signal and the random excitation signal were developed using Matlab version 6.5. The random and impact signal then filtered using Butterworth filter. The excitation of random signal was developed using Matlab version 6.5. The simulation of random signal was proceeded repeatedly over 15, 30, 45 until 150 times of excitation. The simulation resulted the average numbers of filter magnitude response. Which is then compared with the impact excitation signal indicated by percentage difference.

Based on the results of simulation and calculation the maximum different percentage of highest magnitude occurred in the simulation of 15 times excitation (50%). The chart of the different percentage of highest magnitude tend to be flat at the 60 times until 150 times of excitation. While the average numbers of filter magnitude response due to the random signal excitation can not be considered as same as the numbers of filter magnitude response due to the impact signal, because the difference is above 5%.

Keyword: *Butterworth filter, random excitation signal, percentage difference of magnitude*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada pengukuran sinyal getaran, penggunaan filter sangat penting. Filter digunakan sebagai pemilah sinyal. Namun pada penggunaan filter, sinyal yang diukur akan berubah. Perubahan sinyal

memengaruhi besaran getaran. Salah satu besaran getaran yang dipengaruhi adalah magnitudo.

Perubahan magnitudo dapat diketahui dengan cara, magnitudo yang telah difilter kemudian dibandingkan dengan magnitudo sinyal sebelum difilter. Sinyal yang

akan difilter, dihasilkan oleh sensor gerak. Namun sinyal dari sensor gerak dipengaruhi oleh getaran yang akan diukur. Karena itu, sinyal yang akan difilter dapat dibangkitkan sendiri. Sinyal yang akan dibangkitkan tersebut harus mencerminkan sinyal getaran pada umumnya. Sinyal getaran pada umumnya berbentuk sinyal acak.

Filter Butterworth pada pengolahan sinyal (*signal processing*) adalah filter sederhana yang dirancang sehingga diperoleh respon frekuensi datar pada pita lolos (*pass band*). Selain itu, respon frekuensi filter ini pada pita hambat (*stop band*) juga datar. Karena itu, filter ini disebut sebagai filter dengan magnitudo datar maksimum (Sinha, 1991). Filter ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang insinyur berkebangsaan Inggris bernama Stephen Butterworth. Perkenalan filter ini dilakukan tahun 1930 lewat laporan ilmiah dengan judul *On the Theory of Filter Amplifiers* (Butterworth, 1930).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka terdapat dua

rumusan masalah dalam penelitian ini.. Rumusan masalah yang pertama adalah sejauh mana perubahan magnitudo sinyal getaran acak setelah difilter oleh filter Butterworth. Rumusan masalah yang kedua adalah seberapa banyak data sinyal getaran acak yang difilter sehingga nilai magnitudo rata-rata sinyal tersebut dianggap sama dengan nilai magnitudo respon filter Butterworth

1.3 Batasan Masalah

Terdapat enam batasan masalah. Batasan masalah yang pertama adalah sinyal yang akan difilter, dibangkitkan dengan bantuan Matlab versi 6.5. Batasan masalah yang kedua adalah filter yang digunakan adalah filter Butterworth. Batasan masalah selanjutnya adalah pengaruh perubahan pada fasa tidak diperhitungkan. Yang keempat adalah perbandingan dilakukan pada selang frekuensi disekitar frekuensi potong (*cut-off frequency*). Batasan masalah yang kelima adalah seluruh analisa magnitudo dilakukan dengan bantuan Matlab versi 6.5 dan Microsoft Excel. Batasan masalah yang terakhir adalah simulasi

dilakukan sebanyak 150 kali, akan tetapi jika persentase beda telah mencapai 5% maka simulasi dihentikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah persentase beda magnitudo tertinggi maksimum pada jumlah eksitasi 15 kali, 30 kali, 45 kali hingga 150 kali dapat diketahui.

1.5 Manfaat Penelitian

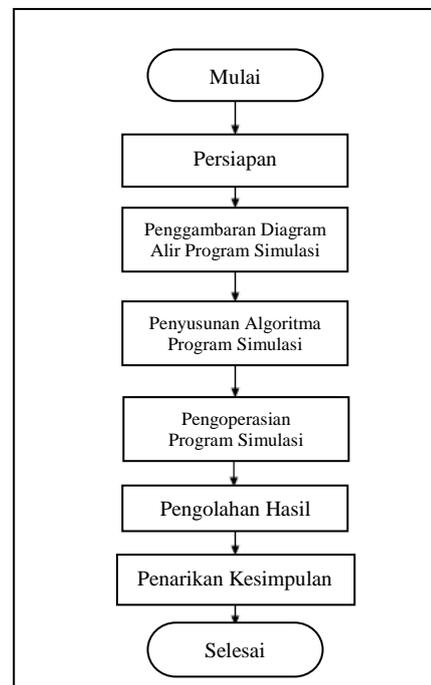
Terdapat dua manfaat dari penelitian ini. Manfaat yang pertama adalah kita dapat mengetahui dasar-dasar pengolahan sinyal. Selain itu manfaat yang kedua adalah kita dapat mengetahui pengaruh penggunaan filter Butterworth dalam pengolahan sinyal getaran acak.

II. LANDASAN TEORI

- 2.1 Filter Butterworth
- 2.2 Sinyal Impak
- 2.3 Sinyal Getaran Acak
- 2.4 Konvolusi Domain Diskrit
- 2.5 Transformasi Fourier Diskrit
- 2.6 Magnitudo Respon

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Program Simulasi

Program simulasi dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah penentuan besaran-besaran filter. Besaran-besaran tersebut adalah orde filter dan frekuensi potong. Besaran-besaran filter ini ditentukan berdasarkan jenis Filter Butterworth. Selanjutnya dilakukan tahap kedua.

Pada tahap ini, sinyal impak dalam domain waktu dan sinyal acak dalam domain waktu dibangkitkan. Sinyal ini dibangkitkan dengan bantuan algoritma $im = \text{zeros}(1,1001)$ dan $im(1,1) = 1$. Di lain pihak, sinyal

acak dalam domain waktu dibangkitkan dengan bantuan algoritma $r = \text{rand}(1,1001)-0,5$ dan $r(1,1) = 1$. Kedua sinyal tersebut kemudian dinyatakan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dilakukan tahap ketiga.

Pada tahap ketiga, Filter Butterworth dieksitasi dengan sinyal impact. Pada tahap ini, respon filter akibat eksitasi impact dalam domain waktu diperoleh. Eksitasi dilakukan dengan bantuan algoritma $h1 = \text{filter}(\text{num}, \text{den}, \text{im})$. Selain itu, filter juga dieksitasi dengan sinyal acak sehingga respon filter akibat eksitasi acak dalam domain waktu juga diperoleh. Ini dilakukan dengan bantuan algoritma $h2 = \text{filter}(\text{num}, \text{den}, r)$.

Tahap berikutnya adalah FFT (*Fast Fourier Transform*). FFT dilakukan pada respon filter akibat sinyal impact dan respon filter akibat sinyal acak. Pada respon filter akibat sinyal Impact, FFT dilakukan dengan bantuan algoritma $y1 = \text{fft}(h1)$, dan pada respon filter akibat sinyal Acak dilakukan dengan bantuan algoritma $y2 = \text{fft}(h2)$. Pada tahap ini, hasil FFT berupa bilangan imajiner

Pada tahap kelima, transformasi ke domain frekuensi dilakukan sehingga bilangan imajiner di atas dinyatakan sebagai magnitudo. Magnitudo filter akibat sinyal Impact diperoleh dengan bantuan algoritma $\text{mag1} = \text{abs}(y1)$. Selain itu, Magnitudo respon filter akibat sinyal acak juga diperoleh dengan bantuan algoritma $\text{mag2} = \text{abs}(y2)/10$. Setelah ditransformasi ke domain frekuensi, maka kedua magnitudo tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik respon dalam domain frekuensi. Selanjutnya dilakukan tahap berikutnya.

Tahap berikutnya adalah jika nilai rata-rata magnitudo maksimum kurang dari 5% sinyal impact, maka dilanjutkan pada tahap penggambaran grafik respon frekuensi. Jika nilai rata-rata magnitudo maksimum lebih dari 5% maka filter dieksitasi lebih dari sama dengan 150 kali.

Tahap selanjutnya adalah penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact. Penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact dilakukan dengan bantuan algoritma subplot 211 dan

plot(x,mag1). Di lain pihak, penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal acak juga dilakukan dengan bantuan algoritma subplot 212 dan plot(x,mag2). Setelah itu, maka grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact dan eksitasi sinyal acak akan diperoleh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fungsi Transfer Filter

Butterworth

Fungsi transfer filter Butterworth dalam domain kontinu diperoleh dengan bantuan persamaan (2.1). Pada persamaan tersebut orde filter harus diketahui. Karena itu, pada penelitian ini orde filter yang dipilih yaitu enam. Akibatnya, fungsi transfer filter Butterworth dengan orde filter 6 dinyatakan sebagai berikut :

$$G_{(s)} = \frac{0.02959 s^6 + 0.1775 s^5 + 0.4438 s^4 + 0.5918 s^3 + 0.4438 s^2 + 0.1775 s + 0.02959}{s^6 + 0.7777 s^4 + 0.1142 s^2 + 0.001751}$$

4.2 Sinyal Eksitasi Impact

Nilai amplitudo sinyal yang dilambangkan dengan $I(n)$ sama dengan satu pada kondisi awal. Di pihak lain, amplitudo sinyal pada bukan kondisi awal sama dengan nol. Salah satu sifat eksitasi impact yaitu eksitasi terjadi pada seluruh rentang frekuensi. Namun, eksitasi dilakukan dalam domain waktu. Akibatnya, respon sistem juga berada dalam domain waktu.



Gambar 4.2 Sinyal Impact Dalam Domain Waktu

4.3 Respon Domain Waktu Filter Butterworth Akibat Eksitasi Sinyal Impact

Untuk nilai n sama dengan nol, respon domain waktu Filter Butterworth akibat eksitasi sinyal impact diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(0) &= 0,02959 \cdot x(0) + 0,1775 \cdot x(-1) + 0,4438 \cdot x(-2) + 0,5918 \cdot x(-3) \\ &\quad + 0,4438 \cdot x(-4) + 0,1775 \cdot x(-5) + 0,02959 \cdot x(-6) - 0 \cdot y(-1) \\ &\quad - 0,7777 \cdot y(-2) - 0 \cdot y(-3) - 0,1142 \cdot y(-4) - 0 \cdot y(-5) \\ &\quad - 0,001751 \cdot y(-6) \\ &= 0,02959 \cdot 1 + 0,1775 \cdot 0 + 0,4438 \cdot 0 + 0,5918 \cdot 0 + 0,4438 \cdot 0 + 0,1775 \cdot 0 \end{aligned}$$

$$+0,02959,0 - 0,0 - 0,7777,0 - 0,0 - 0,1142,0 - 0,0 - 0,001751,0$$

$$= 0.02959$$

4.4 Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Butterworth Akibat Eksitasi Sinyal Impak

Untuk nilai k sama dengan satu, transformasi fourier diskrit respon domain waktu filter butterworth akibat eksitasi sinyal impact dituliskan sebagai berikut:

$$x(1) = 0,17753 e^{-j2\pi \frac{1,1}{1000}} + 0,17753 e^{-j2\pi \frac{1,2}{1000}} + 0,17753 e^{-j2\pi \frac{1,3}{1000}}$$

$$+ 0,17753 e^{-j2\pi \frac{1,4}{1000}} + \dots + 0,17753 e^{-j2\pi \frac{1,1000}{1000}}$$

$$x(1) = 0,99993 - 0,012126i$$

4.5 Magnitudo Respon Akibat Eksitasi Sinyal Impak

Untuk nilai k sama dengan dua, nilai nyata real sama dengan 0,99971. Di pihak lain, nilai imajiner sama dengan -0,02425. Akibatnya, magnitudo respon akibat eksitasi sinyal impact dituliskan sebagai berikut:

$$Mag X[2] = \sqrt{0,99971^2 + (-0,02425)^2}$$

$$X[2] = 1$$

4.7 Respon Domain Waktu Filter Butterworth Akibat Eksitasi Sinyal Acak

Untuk nilai n sama dengan satu, respon domain waktu filter Butterworth akibat eksitasi sinyal acak dituliskan sebagai berikut:

$$y(1) = 0,02959, x(1) + 0,1775, x(0) + 0,4438, x(-1) + 0,5918, x(-2)$$

$$+ 0,4438, x(-3) + 0,1775, x(-4) + 0,02959, x(-5) - 0, y(0)$$

$$- 0,7777, y(-1) - 0, y(-2) - 0,1142, y(-3) - 0, y(-4)$$

$$- 0,001751, y(-5)$$

$$= 0,02959, -0,26886 + 0,1775,1 + 0,4438,0 + 0,5918,0 + 0,4438,0$$

$$+ 0,1775,0 + 0,02959,0 - 0,02959 - 0,7777,0 - 0,0 - 0,1142,0$$

$$- 0,0 - 0,001751,0$$

$$= 0.169557$$

4.8 Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Butterworth Akibat Eksitasi Sinyal Acak

Untuk nilai k sama dengan satu, Transformasi Fourier Diskrit respon domain waktu filter Butterworth akibat eksitasi sinyal acak diperoleh sebagai berikut:

$$x(1) = 0,169557 e^{-j2\pi \frac{1,1}{1000}} + 0,169557 e^{-j2\pi \frac{1,2}{1000}} + 0,69557 e^{-j2\pi \frac{1,3}{1000}}$$

$$+ 0,169557 e^{-j2\pi \frac{1,4}{1000}} + \dots + 0,169557 e^{-j2\pi \frac{1,1000}{1000}}$$

$$x(1) = -0,96748 - 3,7137i$$

$$x(0) = 2,1537$$

4.9 Magnitudo Respon Akibat Eksitasi Sinyal Acak

Untuk nilai k sama dengan dua, nilai realnya sebesar -0,96748. Di pihak lain, nilai imajineranya sebesar

-3,7137. Akibatnya, magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dituliskan sebagai berikut:

$$Mag X[1] = \sqrt{(-0,96748)^2 + (-3,7137)^2}$$

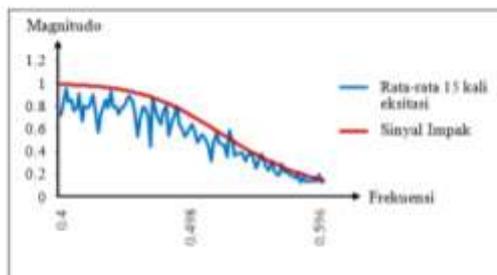
$$X[1] = 0,38377$$

4.10 Perbandingan Antara Rata – Rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Magnitudo Respn Filter Akibat Eksitasi Sinyal Impak

Untuk simulasi yang pertama dan nilai k sama dengan dua ratus satu, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$Mag_{15} X[k] = \frac{Mag_1 X[k] + Mag_2 X[k] + Mag_3 X[k] + Mag_4 X[k] + Mag_5 X[k] + Mag_6 X[k] + Mag_7 X[k] + Mag_8 X[k] + Mag_9 X[k] + Mag_{10} X[k] + Mag_{11} X[k] + Mag_{12} X[k] + Mag_{13} X[k] + Mag_{14} X[k] + Mag_{15} X[k]}{15}$$

$$= 0,814603$$



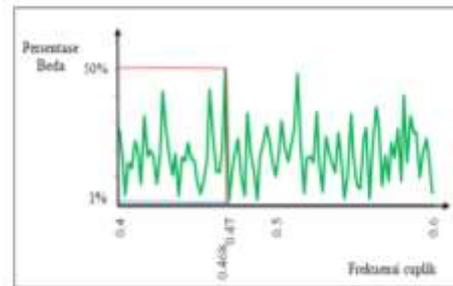
Gambar 4.7 Perbandingan Antara Rata-Rata Magnitudo Respon Filter Akibat 15 Kali Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak

Persentase magnitudo yang pertama dan nilai k sama dengan 200,

persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

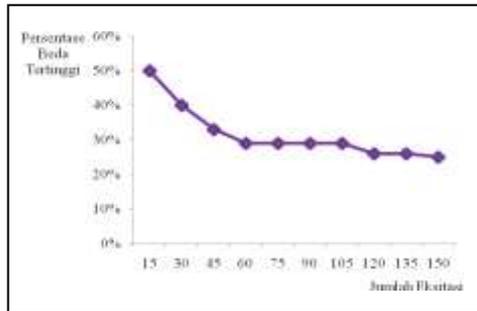
$$PM = \frac{Mag_{15}(200) - MagI(200)}{MagI(200)} \cdot 100\%$$

$$= 27 \%$$



Gambar 4.9 Persentase Beda Magnitudo pada 15 Kali Simulasi

Persentase beda magnitudo tertinggi pada Tabel L.17 dinyatakan dalam Gambar 4.12. Pada gambar tersebut terlihat, persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi 15 kali yaitu sebesar 50%, sedangkan persentase beda magnitudo tertinggi minimum terjadi pada simulasi 150 kali sebesar 25%. Gambar tersebut cenderung menurun. Jadi magnitudo respon Filter Butterworth akibat eksitasi sinyal getaran acak, lebih besar dibandingkan dengan 10% magnitudo respon akibat eksitasi impak. Ini berarti, hingga eksitasi sebanyak 150 kali magnitudo respon Filter Butterworth masih dipengaruhi oleh sinyal getaran acak.



Gambar 4.12 Persentase Beda Magnitudo Tertinggi

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi dan perhitungan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah persentase beda magnitudo antara rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak dengan eksitasi sinyal impuls untuk 15 kali, 30 kali, 45 kali hingga 150 kali simulasi telah diketahui. Persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi sebanyak 15 kali yaitu sebesar 50%. Pada simulasi 60 kali hingga 150 kali eksitasi, grafik persentase beda magnitudo tertinggi cenderung datar.

Berdasarkan simulasi yang dilakukan sebanyak 150 kali terlihat bahwa nilai rata-rata magnitudo respon filter akibat sinyal acak tidak ada yang dapat dianggap sama dengan nilai magnitudo filter akibat

eksitasi sinyal impuls. Hal ini disebabkan persentase beda magnitudo tertinggi tidak berada di bawah lima persen. Oleh karena itu, sinyal getaran acak memengaruhi respon filter Butterworth.

5.2. Saran

Untuk yang akan melakukan penelitian lanjutan sebaiknya melakukan lebih banyak simulasi agar memperoleh hasil yang lebih maksimal. Selain itu, harus lebih teliti dalam melakukan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Saifuddin, Signifikan atau sangat signifikan.
http://azwar.staff.ugm.ac.id/files/2012/04/TIDAK_SIGNIFIKAN_SIGNIFIKAN.pdf
 11 Juni 2014.
- Goldman, Steve, 1999: *Vibrating spektrum Analysis, A Practical Approach, Second Edition*, Industrial Press Inca., New York.
- Kreyszig, Erwin, 1999 : *Advanced Engineering Mathematics*, Jhon Wiley & Sons, Inc.,Singapore
- Oppenheim, Alan (2010) :*Discrete Time Signal Processing Third*

Edition. Upper Saddle River,
NJ: Pearson Higher Education,
Inc

Sinha, Naresh k., 1991 : *Linear
System*, Jhon Wiley& Sons, Inc.,
Singapore

Strum, Robert D., 1994 :
*Contemporary Lynear System
Using MATLAB*, PWS
Publishing Company, Boston

Smith, Steven W., 1999 : *The
Scientist And Engineer's
Guideto Digital Signal
Processing, Second Edition*,
California Technical
Publishing, California

Valkenburg, M. E. Van, 1982 :
Analog Filter Design, Holt,
Rineheart And Winstone Holt-
Saunders, Tokyo.