

SIMULASI PENGARUH PENGGUNAAN FILTER CHEBYSHEV TIPE II PADA MASUKAN SINYAL GETARAN ACAK TERHADAP NILAI RATA-RATA MAGNITUDO

**Henci Smartenlike Lokollo, Jotje Rantung, Michael Rembet.
Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi
2013**

ABSTRACT

Filter in this research is interpreted as screening of undesirable frequency component in order to depressed it as small as possible to produce the changes of magnitude of response signal.

The filtered vibration signal is in a form of the Random Signal Excitation which is generated in MATLAB Version 6.5. The signal is filtered by using Filter Chebyshev Type II. Simulation conducted repeatedly from 10 to 100 times excitation. Magnitude of Response Filter is obtained after simulation.

Result is compared to its initial and expressed in the form of different percentage of magnitude between the mean of Magnitude of Response Filter because of applying Random Excitation Signal to the Excitation of Signal Impact from 10 to 100 times. Maximum different percentage of highest magnitude occurred in the simulation of 10 times excitation (57%). While the Minimum occurred in the simulation of 50 times (32%).

Keyword : Filter Chebyshev of Type II, Random Excitation, Different Percentage Magnitude.

ABSTRAK

Secara umum, filter berarti penyaring. Karena itu, filter pada penelitian ini dapat diartikan sebagai suatu penyaring komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Sinyal pada frekuensi yang tidak diinginkan tersebut, ditekan sekecil mungkin, sehingga menghasilkan perubahan magnitudo respon sinyal.

Sinyal getaran yang akan difilter adalah berupa Sinyal Eksitasi Acak. Sinyal Eksitasi Acak dibangkitkan dengan bantuan MATLAB Versi 6.5. Sinyal acak yang telah dibangkitkan tersebut kemudian difilter dengan menggunakan Filter Chebyshev Tipe II. Eksitasi dilakukan lewat cara proses simulasi yang dilakukan dengan bantuan MATLAB Versi 6.5. Simulasi dilakukan berulang-ulang yaitu 10 kali hingga 100 kali eksitasi. Setelah simulasi dilakukan, maka diperoleh Magnitudo Respon Filter.

Dari hasil simulasi dan perhitungan, Magnitudo Respon Filter akibat eksitasi sinyal acak yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan Magnitudo Respon Filter akibat eksitasi sinyal impak. Magnitudo Respon Filter yang diperoleh kemudian dirata-ratakan dan dinyatakan dalam Persentase beda Magnitudo. Kesimpulan yang diperoleh adalah Persentase beda magnitudo antara rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak untuk 10 kali hingga 100 kali simulasi telah diketahui. Persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi 10 kali yaitu sebesar 57%. Di lain pihak, persentase beda magnitudo tertinggi minimum terjadi pada simulasi 50 kali yaitu sebesar 32%.

Kata Kunci : Filter Chebyshev Tipe II, Eksitasi Acak, Persentase Beda Magnitudo

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada pengukuran sinyal getaran, penggunaan filter sangat penting. Secara umum, filter berarti penyaringan. Karena itu, filter pada penelitian ini dapat diartikan sebagai suatu proses penyaringan komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Magnitudo sinyal pada frekuensi yang tidak diinginkan tersebut, ditekan sekecil mungkin. Jadi, filter meloloskan frekuensi yang diinginkan dan menghalang frekuensi yang tidak diinginkan. Namun pada penggunaan filter, beberapa komponen sinyal akan berubah. Salah satu komponen yang berubah adalah magnitudo.

Perubahan magnitudo dapat diketahui dengan cara magnitudo akibat eksitasi sinyal acak, dibandingkan dengan magnitudo akibat eksitasi sinyal impact. Sinyal yang akan difilter diperoleh dari sensor gerak. Namun sinyal dari sensor gerak dipengaruhi oleh getaran yang akan diukur. Karena itu, sinyal yang akan difilter sering dibangkitkan sendiri. Sinyal yang dibangkitkan tersebut dikondisikan agar serupa dengan sinyal getaran pada umumnya. Sinyal getaran pada umumnya berbentuk sinyal acak. Sinyal getaran acak yang dibangkitkan dapat difilter oleh beberapa jenis filter. Dalam penelitian ini, filter yang digunakan adalah Filter Chebyshev Tipe II.

1.2. Rumusan Masalah

Terdapat dua rumusan masalah dalam penelitian ini. Rumusan yang pertama adalah sejauh mana perubahan magnitudo sinyal acak setelah difilter oleh Filter Chebyshev tipe II. Selanjutnya, rumusan masalah yang kedua adalah seberapa banyak data sinyal acak yang difilter sehingga nilai magnitudo rata-rata sinyal tersebut dapat dianggap sama dengan nilai magnitudo respon filter.

1.3. Batasan Masalah

Terdapat lima 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 Chebyshev tipe II. Batasan masalah selanjutnya adalah pengaruh perubahan pada fasa tidak diperhitungkan. Kemudian batasan masalah yang keempat adalah perbandingan dilakukan pada selang frekuensi di sekitar frekuensi potong. Batasan masalah yang terakhir adalah seluruh analisa magnitudo dilakukan dengan bantuan Matlab versi 6.5 dan Microsoft Excel.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka terdapat dua tujuan penelitian. Tujuan penelitian pertama adalah perbandingan antara nilai rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi acak dengan nilai magnitudo respon filter akibat eksitasi impact dapat diketahui. Selain itu, tujuan penelitian kedua adalah jumlah simulasi eksitasi filter dengan sinyal acak sehingga nilai magnitudo rata-rata respon filter tersebut dapat dianggap sama dengan nilai magnitudo filter akibat eksitasi impact.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah dasar-dasar pengolahan sinyal dapat diketahui. Selain itu, pengaruh penggunaan Filter Chebyshev Tipe II dalam pengolahan sinyal acak juga dapat diketahui.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Filter

2.1.1. Penggunaan Filter

Pada umumnya filter adalah penyaring yang berfungsi untuk memisahkan suatu komponen tertentu. Pada pengolahan sinyal filter adalah sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk menyaring frekuensi. Pita frekuensi (*frequency band*) yang diloloskan adalah pita pelolos (*pass band*), dan pita frekuensi yang ditekan adalah pita penghalang (*stop band*). Tujuannya adalah

untuk mengurangi kebisingan akibat getaran yang berlebihan.

Terdapat beberapa jenis filter dalam pengolahan sinyal beserta fungsinya masing-masing, salah satu filter yang digunakan dalam pengolahan sinyal adalah jenis filter Chebyshev Tipe II.

2.1.2. Filter Chebyshev Tipe II

Filter Chebyshev Tipe II adalah filter yang dibangun berdasarkan polinomial Chebyshev. Filter Chebyshev Tipe II dapat dianalisa dengan bantuan respon frekuensi filter tersebut. Respon frekuensi Filter Chebyshev Tipe II digambarkan dalam Gambar 2.2. Dalam gambar ini terlihat bahwa riak frekuensi (*frekuensi ripple*) terjadi pada pita penghalang (*Stop band*).

Selain itu, semakin tinggi orde filter, semakin sempit pita transisi (*transisi band*). Selanjutnya semakin tinggi orde filter, semakin luas pula pita pelolos (*pass band*). Namun semakin tinggi orde filter, semakin banyak riak yang terjadi. Magnitudo riak bergantung pada persentase riak terhadap pita pelolos. Persentase tersebut dinyatakan dalam koefisien riak yang dilambangkan dengan ϵ . Selanjutnya, respon frekuensi Filter Chebyshev Tipe II dapat dinyatakan dalam persamaan fungsi transfer filter tersebut.

Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II dapat ditulis dalam fungsi dengan variabel bilangan imajiner. Jika s adalah bilangan imajiner dan T_n adalah polinomial Chebyshev, maka Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II yang dilambangkan dengan $G(s)$, dituliskan sebagai berikut (Valkenburg, 1982):

$$G(s) = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\epsilon^2 T_n^2(s)}}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika j adalah $\sqrt{-1}$ dan ω adalah frekuensi, maka respon frekuensi pada persamaan (2.1) dapat digambarkan lewat cara variabel s disubstitusi dengan nilai $j\omega$. Namun cara itu berlaku pada penggambaran secara teori. Kenyataannya, respon frekuensi diperoleh lewat cara Filter Chebyshev Tipe II dieksitasi dengan sinyal impact. Akibat itu, maka eksitasi

sinyal impact dilakukan pada Fungsi Transfer Diskrit Filter Chebyshev Tipe II.

Jika T adalah perioda cuplik dan z adalah variabel diskrit, maka Fungsi Transfer Diskrit Filter Chebyshev Tipe II yang dilambangkan dengan $G(z)$ dapat dituliskan sebagai berikut:

$$G(z) = G(s) \left| \begin{array}{l} s = \frac{2}{T} \left(\frac{z-1}{z+1} \right) \dots \dots \dots (2.2) \end{array} \right.$$

2.2. Sinyal Impact

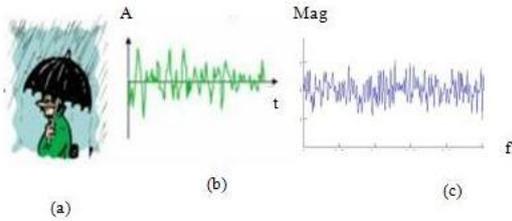
Sinyal Eksitasi Impact adalah sinyal dengan nilai amplitudo sama dengan satu pada kondisi awal. Jika k adalah bilangan cacah, maka amplitudo sinyal impact yang dilambangkan dengan $I(k)$ dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I(k) = \begin{cases} 0, & k \neq 0 \\ 1, & k = 0 \dots \dots \dots (2.3) \end{cases}$$

2.3. Sinyal Getaran Acak

Getaran acak adalah getaran yang nilai amplitudo pada waktu tertentu sulit diketahui. Getaran ini tidak memiliki sinyal periodik maupun harmonik. Salah satu cara agar sifat getaran acak dapat diketahui adalah dengan bantuan bidang ilmu statistik. Dengan bantuan bidang ilmu tersebut, kecenderungan nilai amplitudo sebagai salah satu sifat getaran acak dapat diketahui (Smith, 1999).

Getaran acak ditunjukkan dalam Gambar 2.3 (a). Pada gambar 2.3(a) tersebut, getaran di struktur payung saat terjadi hujan adalah getaran acak. Pada Gambar 2.2(b) terlihat sinyal getaran acak dalam domain waktu. Sinyal tersebut adalah *white noise signal*. Sinyal ini adalah sinyal getaran acak yang paling banyak ditemui. Salah satu sifat sinyal ini adalah memiliki kerapatan frekuensi yang tinggi. Dalam domain frekuensi, sinyal tersebut digambarkan seperti pada Gambar 2.3(c). Pada sinyal ini, hampir seluruh frekuensi dalam jangkauan di spektrum sinyal tersebut memiliki amplitudo yang hampir sama. Dengan kata lain, sinyal tersebut mengandung kekuatan yang hampir sama pada tiap selang frekuensi (Goldman, 1999)



Gambar 2.3. Contoh Getaran Acak

2.4. Konvolusi Domain Diskrit

Konvolusi domain diskrit adalah metode perhitungan yang digunakan dalam penentuan respon sistem diskrit. Metode ini dituliskan dengan bantuan penjumlahan hasil perkalian antara koefisien fungsi transfer dengan nilai amplitudo sinyal eksitasi. Fungsi transfer dan sinyal tersebut dinyatakan dalam domain diskrit. Jika $x(n)$ adalah nilai amplitudo sinyal eksitasi, $b(n)$ adalah koefisien pembilang pada fungsi transfer, dan $a(n)$ adalah koefisien penyebut pada fungsi transfer, maka respon diskrit dilambangkan dengan $y(n)$ dapat dinyatakan sebagai berikut (Strum,1994):

$$y(n) = b(1) \cdot x(n) + b(2) \cdot x(n-1) + \dots + b(nb+1) \cdot x(n-nb) - a(2) \cdot y(n-1) - \dots - a(na+1) \cdot y(n-na) \dots \dots \dots (2.4)$$

2.5. Transformasi Fourier Diskrit

Transformasi Fourier Diskrit digunakan sebagai alat bantu matematika sehingga respon akibat eksitasi Impak dalam domain waktu dapat ditransformasi ke domain frekuensi. Transformasi Fourier Diskrit adalah Transformasi Fourier yang dikenakan pada fungsi diskrit. Fungsi hasil transformasi tersebut adalah fungsi urutan. Nilai dalam fungsi urutan tersebut berupa bilangan imajiner. Jika N adalah jumlah data dan k adalah bilangan cacah yang berpadanan dengan frekuensi, dan $x(n)$ adalah deret domain waktu maka Transformasi Fourier Diskrit yang dilambangkan dengan $X(k)$ dapat dinyatakan sebagai berikut (Strum,1994):

$$X(k) = \sum_{n=1}^N x(n)e^{-j2\pi kn/N} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.6. Magnitudo Respon

Magnitudo Respon adalah magnitudo sinyal respon suatu sistem akibat eksitasi tertentu yang dinyatakan dalam domain frekuensi. Magnitudo sinyal respon suatu sistem diperoleh berdasarkan Transformasi Fourier Diskrit sinyal respon sistem tersebut. Jika $ReX[k]$ adalah nilai nyata (*real*) dan $ImX[k]$ adalah nilai khayal (*imajiner*) dari hasil Transformasi Fourier Diskrit sinyal respon suatu sistem, maka magnitudo sinyal respon sistem yang dilambangkan dengan $MagX[k]$ dapat dituliskan sebagai berikut (Smith,1999):

$$Mag X[k] = \sqrt{Re X [k]^2 + Im X [k]^2} \dots \dots (2.6)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2013, dan penelitian ini dilaksanakan sampai bulan Mei 2013.

3.2. Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan. Peralatan pertama adalah *Personal Computer* (PC), selain itu dapat juga digunakan laptop. Pada PC atau laptop tersebut, *diinstal* program Matlab versi 6.5. Peralatan berikutnya yang akan digunakan adalah alat tulis menulis. Selain itu peralatan tambahan adalah kalkulator yang digunakan pada perhitungan manual.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap. Terdapat lima tahap pelaksanaan dalam penelitian ini. Tahap pertama adalah tahap persiapan. Pada tahap ini, dilakukan studi literatur tentang pengolahan sinyal getaran acak yang melewati filter. Selain itu, literatur tentang program Matlab juga dipelajari. Selanjutnya dilakukan tahap kedua.

Tahap kedua adalah penyusunan algoritma program simulasi. Penyusunan algoritma program simulasi ini dilakukan

berdasarkan diagram alir program simulasi. Pada tahap ini, ditentukan data masukan yang akan digunakan dalam proses simulasi. Penggambaran diagram alir program simulasi dilakukan agar pembuatan program simulasi dapat dilakukan dengan lebih mudah. Pada tahap ini, ditentukan beberapa langkah yang akan dilakukan pada simulasi.

Tahap berikutnya adalah pengoperasian program simulasi. Setelah penyusunan algoritma selesai dan dilakukan pengecekan, maka program simulasi siap dioperasikan. Simulasi kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik magnitudo dalam domain frekuensi. Jika telah diperoleh hasil dari pengoperasian program, maka dilanjutkan pada tahap keempat.

Tahap keempat adalah pengolahan hasil. Hasil simulasi kemudian dianalisa. Agar hasil simulasi dapat dianalisa, maka nilai yang diperoleh dari pengoperasian program simulasi terlebih dahulu dirata-ratakan. Karena nilai megnitudo yang diperoleh dengan bantuan MATLAB sulit diekstrak, maka hasil simulasi dihitung dengan bantuan Microsoft Excel. Hasil simulasi diperoleh dalam bentuk grafik. Dari grafik ini akan terlihat pengaruh yang terjadi akibat penggunaan Filter Chebyshev Tipe II. Selanjutnya dilakukan tahap kelima.

Tahap kelima adalah kesimpulan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data. Kesimpulan yang diperoleh adalah persentase beda magnitudo sepuluh kali hingga seratus kali simulasi. Selain itu, berapa kali simulasi hingga persentase beda magnitudo di bawah sepuluh persen dapat diketahui.

3.4. Program Simulasi

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

Pada tahap ini, sinyal impak dalam domain waktu dan sinyal acak dalam domain waktu dibangkitkan. Sinyal impak dibangkitkan dengan bantuan algoritma $im = \text{zeros}(1,1001)$ dan $im(1,1) = 1$. Sedangkan, 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 Chebyshev Tipe II dieksitasi dengan sinyal impak. Pada tahap ini, respon filter akibat eksitasi impak dalam domain waktu diperoleh. Eksitasi dilakukan dengan bantuan algoritma $h1 = \text{filter}(\text{num}, \text{den}, im)$. 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 impak dan respon filter akibat sinyal acak. Pada respon filter akibat sinyal Impak, 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. Setelah itu dilakukan tahap kelima.

Pada tahap kelima, transformasi ke domain frekuensi dilakukan sehingga bilangan imajiner di atas dinyatakan sebagai magnitudo. Magnitudo filter akibat sinyal impak diperoleh dengan bantuan algoritma $\text{mag1} = \text{abs}(y1)$, dan magnitudo respon filter akibat sinyal acak 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 tahap kedua hingga tahap kelima dilakukan berulang-ulang. Pada penelitian ini, tahapan tersebut dilakukan 10 hingga 100 kali eksitasi.

Tahap selanjutnya adalah penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact dan eksitasi sinyal acak. Penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact dilakukan dengan bantuan algoritma subplot 211 dan plot(x,mag1), sedangkan penggambaran grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal acak juga dilakukan dengan bantuan algoritma subplot 212 dan plot(x,mag2). Setelah itu, grafik respon frekuensi akibat eksitasi sinyal impact dan eksitasi sinyal acak akan diperoleh. Program simulasi dicantumkan seperti pada Lampiran 1.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II

Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II dalam domain kontinu diperoleh dengan bantuan Persamaan (2.1). Pada persamaan tersebut orde filter harus diketahui. Karena itu, pada penelitian ini dipilih orde filter sebesar empat. Akibat itu, fungsi transfer Filter Chebyshev Tipe II dengan orde filter empat dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$G(s) = \frac{0,2021 s^4 + 0,3328 s^3 + 0,4517 s^2 + 0,3328 s + 0,2021}{s^4 - 0,2251 s^3 + 0,6568 s^2 + 0,0349 s + 0,0548} \dots\dots\dots(4.1)$$

Selanjutnya persamaan (4.1) di transformasi ke domain diskrit. Transformasi tersebut dilakukan dengan bantuan persamaan (2.2). Pada penelitian ini, periode cuplik dipilih sebesar 10^{-3} . Akibat itu, Transformasi ke domain diskrit dari fungsi transfer di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$G(z) = \frac{0,2021 \left[\frac{z-1}{z+1} \right]^4 + 0,3328 \left[\frac{z-1}{z+1} \right]^3 + 0,4517 \left[\frac{z-1}{z+1} \right]^2 + 0,3328 \left[\frac{z-1}{z+1} \right] + 0,2021}{\left[\frac{z-1}{z+1} \right]^4 - 0,2251 \left[\frac{z-1}{z+1} \right]^3 + 0,6568 \left[\frac{z-1}{z+1} \right]^2 + 0,0349 \left[\frac{z-1}{z+1} \right] + 0,0548} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$= \frac{0,2021 z^4 + 0,3328 z^3 + 0,4517 z^2 + 0,3328 z + 0,2021}{z^4 - 0,2251 z^3 + 0,6568 z^2 + 0,0349 z + 0,0548} \dots\dots\dots(4.2)$$

Fungsi transfer di atas diperoleh berdasarkan besaran-besaran Filter Chebyshev Tipe II. Besaran-besaran tersebut adalah riak dan frekuensi potong. Riak filter dengan fungsi transfer seperti

persamaan tersebut adalah sebesar dua puluh. Selain itu, frekuensi potong dipilih sebesar 0,5. Selanjutnya Filter Chebyshev Tipe II dieksitasi dengan sinyal impact. Ini karena, karakteristik sistem dapat dianalisa berdasarkan respon sistem tersebut terhadap eksitasi impact.

4.2. Sinyal Eksitasi Impact

Sinyal impact digambarkan seperti pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai amplitudo sinyal yang dilambangkan dengan $I(k)$ sama dengan satu pada kondisi awal. Di lain pihak, amplitudo sinyal pada bukan kondisi awal adalah sama dengan nol. Salah satu sifat eksitasi impact adalah eksitasi terjadi pada seluruh rentang frekuensi. Namun eksitasi dilakukan dalam domain waktu. Akibat itu, respon sistem juga berada dalam domain waktu.



Gambar 4.1. Sinyal Impact dalam Domain Waktu

4.3. Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impact

Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impact diperoleh dengan bantuan persamaan (2.4) dan persamaan (4.2). Berdasarkan Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II pada persamaan (4.2) diperoleh nilai a(1) adalah sama dengan satu. Selain itu, nilai a(2); a(3); a(4); dan a(5) berturut-turut adalah -0,2251; 0,6568; 0,0349; dan 0,0548. Selanjutnya berdasarkan Fungsi Transfer Filter Chebyshev Tipe II pada persamaan (4.2) juga diperoleh nilai b(1); b(2); b(3); b(4); dan b(5) berturut-turut adalah 0,2021; 0,3328; 0,4517; 0,3328; dan 0,2021. Berdasarkan koefisien-koefisien ini,

Persamaan (2.4) dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$y(n) = 0,2021 \cdot x(n) + 0,3328 \cdot x(n-1) + 0,4517 \cdot x(n-2) + 0,3328 \cdot x(n-3) + 0,2021 \cdot x(n-4) - 0,2251 \cdot y(n-1) - 0,6568 \cdot y(n-2) - 0,0349 \cdot y(n-3) - 0,0548 \cdot y(n-4) \dots (4.3)$$

Untuk nilai n sama dengan nol, Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak diperoleh sebagai berikut :

$$y(0) = 0,2021 \cdot x(0) + 0,3328 \cdot x(-1) + 0,4517 \cdot x(-2) + 0,3328 \cdot x(-3) + 0,2021 \cdot x(-4) - 0,2251 \cdot y(-1) - 0,6568 \cdot y(-2) - 0,0349 \cdot y(-3) - 0,0548 \cdot y(-4)$$

$$y(0) = 0,2021 \cdot x(0) + 0,3328 \cdot x(-1) + 0,4517 \cdot x(-2) + 0,3328 \cdot x(-3) + 0,2021 \cdot x(-4) + 0,2251 \cdot y(-1) - 0,6568 \cdot y(-2) - 0,0349 \cdot y(-3) - 0,0548 \cdot y(-4)$$

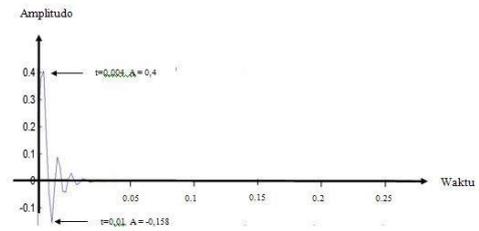
$$= 0,2021 \cdot 1 + 0,3328 \cdot 0 + 0,4517 \cdot 0 + 0,3328 \cdot 0 + 0,2021 \cdot 0 + 0,2251 \cdot 0 - 0,6568 \cdot 0 - 0,0349 \cdot 0 - 0,0548 \cdot 0 = 0,2021$$

Selanjutnya, untuk nilai n sama dengan satu, Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak diperoleh sebagai berikut:

$$y(1) = 0,2021 \cdot x(1) + 0,3328 \cdot x(0) + 0,4517 \cdot x(-1) + 0,3328 \cdot x(-2) + 0,2021 \cdot x(-3) + 0,2251 \cdot y(0) - 0,6568 \cdot y(-1) - 0,0349 \cdot y(-2) - 0,0548 \cdot y(-3) = 0,2021 \cdot 0 + 0,3328 \cdot 1 + 0,4517 \cdot 0 + 0,3328 \cdot 0 + 0,2021 \cdot 0 + 0,2251 \cdot 0,2021 - 0,6568 \cdot 0 - 0,0349 \cdot 0 - 0,0548 \cdot 0 = 0,3328 + 0,2251 \cdot 0,2021 = 0,3783$$

Respon pada nilai n sama dengan dua hingga n sama dengan seribu, juga dihitung seperti pada respon dengan nilai n sama dengan nol dan satu di atas. Selanjutnya respon tersebut dicantumkan dalam Tabel L.1.

Tabel L.1, selanjutnya digambarkan dalam Gambar 4.2. Gambar tersebut mencerminkan amplitudo dari respon impak dalam domain waktu. Amplitudo frekuensi respon impak dalam domain frekuensi tidak terlihat. Karena itu, Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Sinyal Impak selanjutnya ditransformasi ke domain frekuensi. Transformasi tersebut dilakukan dengan bantuan Transformasi Fourier Diskrit.



Gambar 4.2. Respon Impak Filter Chebyshev Tipe I dalam Domain Waktu

4.4. Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak

Transformasi Fourier Diskrit dilakukan dengan bantuan persamaan (2.5). Pada penelitian ini, jumlah data yang dicuplik adalah sebanyak seribu data tiap detik. Untuk nilai k sama dengan nol, Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak dinyatakan sebagai berikut :

$$x(k) = \sum_{i=1}^N x(n) e^{-j2\pi ki/N} \quad x(k) = \sum_{i=1}^{1000} x(n) e^{-j2\pi ki/1000}$$

$$x(0) = 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1}{1000}} + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,2}{1000}} + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,3}{1000}} + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,4}{1000}} + \dots + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1000}{1000}}$$

$$x(0) = 1$$

Selanjutnya, untuk nilai k sama dengan satu, Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak dinyatakan sebagai berikut:

$$x(1) = 0,37831 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,1}{1000}} + 0,37831 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2}{1000}} + 0,37831 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,3}{1000}} + 0,37831 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4}{1000}} + \dots + 0,37831 e^{-j \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,1000}{1000}}$$

$$x(1) = 0,9999 - 0,006726i$$

Transformasi Fourier Diskrit Respon Akibat Eksitasi Sinyal Impak pada nilai k sama dengan dua hingga k sama dengan seribu, juga dihitung seperti pada Transformasi Fourier Diskrit Respon Akibat Eksitasi Sinyal Impak dengan nilai k sama dengan nol dan satu di atas. Selanjutnya, transformasi tersebut dicantumkan dalam Tabel L.2. Transformasi itu dinyatakan dalam bilangan imajiner. Agar Respon Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Impak dapat diketahui dalam bilangan

nyata, maka hasil Transformasi pada tabel L.2 kemudian dinyatakan dalam besaran Magnitudo.

4.5. Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Impak

Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Impak dapat diperoleh dengan bantuan persamaan (2.7). Untuk nilai k sama dengan satu, nilai nyata adalah sebesar satu. Di lain pihak, nilai imajiner adalah nol. Akibat itu, Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Impak dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Mag X}[1] = \sqrt{1^2+0}$$

$$X[1] = 1$$

Selanjutnya, untuk nilai k sama dengan dua, nilai nyata adalah sebesar 0,9999. Di lain pihak, nilai imajiner adalah 0,006726. Akibat itu, Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Impak dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Mag X}[2] = \sqrt{0,9999^2+0,006726^2}$$

$$X[2] = 0,9999$$

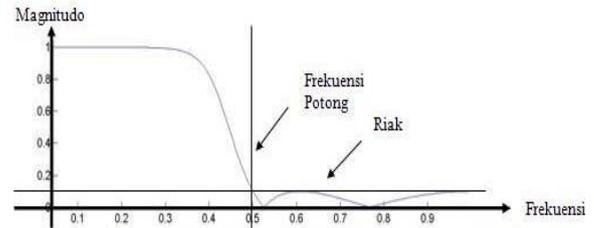
Kemudian, untuk nilai k sama dengan tiga, nilai nyata adalah sebesar 0,9999. Di lain pihak, nilai imajiner adalah 0,006726. Akibat itu, Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Impak dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Mag X}[3] = \sqrt{0,9999^2+0,013452^2}$$

$$X[3] = 1$$

Magnitudo respon akibat eksitasi sinyal impak pada nilai k sama dengan empat hingga k sama dengan seribu, juga dihitung seperti pada magnitudo respon akibat eksitasi sinyal impak dengan nilai k sama dengan satu, dua, dan tiga di atas. Magnitudo respon akibat Eksitasi Sinyal impak ditabelkan pada Tabel L.3.

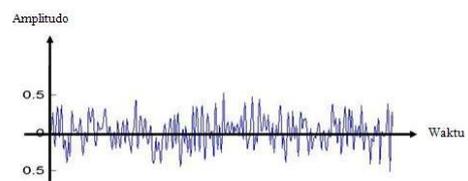
Tabel tersebut selanjutnya dinyatakan dalam Gambar 4.3. Gambar tersebut adalah hasil Transformasi Fourier Diskrit respon impak dalam domain frekuensi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa riak terdapat pada pita penghalang. Sebaliknya, pada pita pelolos tidak terdapat riak. Magnitudo riak terbesar adalah 0.1.



Gambar 4.3. Respon Impak Filter Chebyshev Tipe II dalam Domain Frekuensi

4.6. Sinyal Eksitasi Acak

Sinyal eksitasi acak dibangkitkan dengan bantuan Matlab 6.5. Sinyal tersebut digambarkan dalam Gambar 4.4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa getaran nilai amplitudo pada waktu tertentu sulit diketahui.



Gambar 4.4. Sinyal Eksitasi Acak dalam Domain Waktu

4.7. Respon Domain Waktu Filter Cheyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak

Sama halnya dengan respon eksitasi sinyal impak, respon eksitasi sinyal acak juga diperoleh dengan bantuan persamaan (2.4) dan persamaan (4.2). Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak pada nilai n sama dengan nol dituliskan sebagai berikut :

$$y(0) = 0,2021 \cdot x(0) + 0,3328 \cdot x(-1) + 0,4517 \cdot x(-2) + 0,3328 \cdot x(-3) + 0,2021 \cdot x(-4) + 0,2251 \cdot y(-1) - 0,6568 \cdot y(-2) - 0,0349 \cdot y(-3) - 0,0548 \cdot y(-4)$$

$$= 0,2021 \cdot 1 + 0,3328 \cdot 0 + 0,4517 \cdot 0 + 0,3328 \cdot 0 + 0,2021 \cdot 0 + 0,2251 \cdot 0 - 0,6568 \cdot 0 - 0,0349 \cdot 0 - 0,0548 \cdot 0$$

$$y(0) = 0,2021$$

Selanjutnya, untuk nilai n sama dengan satu, Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak dituliskan sebagai berikut:

$$y(1) = 0,2021 \cdot x(1) + 0,3328 \cdot x(0) + 0,4517 \cdot x(-1) + 0,3328 \cdot x(-2) + 0,2021 \cdot x(-3) + 0,2251 \cdot y(0) - 0,6568 \cdot y(-1) - 0,0349 \cdot y(-2) - 0,0548 \cdot y(-3)$$

$$\begin{aligned}
&= 0,2021 \cdot (-0,2688) + 0,3328 \cdot 1 + 0,4517 \cdot 0 + 0,3328 \cdot 0 + \\
&0,2021 \cdot 0 + 0,2251 \cdot 0,2021 - 0,6568 \cdot 0 - 0,0349 \cdot 0 - \\
&0,0548 \cdot 0,0548 \cdot 0 \\
&= 0,2021 \cdot (-0,2688) + 0,3328 + 0,2251 \cdot 0,2021 \\
y(1) &= 0,3239
\end{aligned}$$

Respon pada nilai n sama dengan dua hingga n sama dengan seribu, juga dihitung seperti pada respon dengan nilai n sama dengan nol dan satu di atas. Selanjutnya respon tersebut dicantumkan dalam Tabel L.4. Tabel tersebut hanya mencerminkan amplitudo dari respon acak dalam domain waktu. Karena itu, Respon domain waktu Filter Chebyshev Tipe II akibat eksitasi sinyal acak selanjutnya ditransformasi ke domain frekuensi.

4.8. Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak

Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak sama halnya dengan Respon Impak, digunakan untuk mengubah respon acak dalam domain waktu ke domain frekuensi. Untuk nilai k sama dengan nol, Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak dinyatakan sebagai berikut:

$$x(k) = \sum_{i=1}^N x(n) e^{-j2\pi ki/N} \quad x(k) = \sum_{i=1}^{1000} x(n) e^{-j2\pi ki/1000}$$

$$\begin{aligned}
x(0) &= 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,1}{1000}} + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,2}{1000}} + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,3}{1000}} \\
&\quad + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,4}{1000}} + \dots + 0,20207 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,000}{1000}} \\
x(0) &= 2,2958
\end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk nilai k sama dengan satu, Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
x(1) &= 0,32398 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,1}{1000}} + 0,32398 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,2}{1000}} + 0,32398 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,3}{1000}} \\
&\quad + 0,32398 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,4}{1000}} + \dots + 0,32398 e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1,1000}{1000}} \\
x(1) &= -0,80534 - 3,7177i
\end{aligned}$$

Transformasi Fourier Diskrit Respon Domain Waktu Filter Chebyshev Tipe II Akibat Eksitasi Sinyal Acak pada nilai k sama dengan dua hingga k sama dengan seribu, juga dihitung seperti

pada transformasi fourier diskrit respon akibat eksitasi sinyal acak dengan nilai k sama dengan nol dan satu di atas. Selanjutnya transformasi fourier diskrit respon akibat eksitasi sinyal acak tersebut dicantumkan dalam Tabel L.5. Nilai hasil transformasi fourier diskrit respon akibat eksitasi sinyal acak berada dalam domain imajiner. Agar Respon Filter Chebyshev Tipe II akibat Eksitasi Sinyal Acak dapat diketahui dalam domain nyata, maka nilai hasil transformasi fourier diskrit respon akibat eksitasi sinyal acak dinyatakan dalam besaran Magnitudo.

4.9. Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Acak

Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Acak juga dapat diperoleh dengan bantuan persamaan (2.7). Pada penelitian ini, dilakukan beberapa kali simulasi. Nilai magnitudo pada simulasi pertama dilambangkan dengan $Mag_1 X[k]$. Untuk nilai k sama dengan satu, nilai nyata adalah sebesar 2,2958. Di lain pihak, nilai khayal adalah nol. Akibat itu, magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
Mag_1 X[1] &= \sqrt{2,2958^2 + 0} \\
X[1] &= 2,2958
\end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk nilai k sama dengan dua, nilai nyata adalah sebesar -0,80534. Di lain pihak, nilai khayal adalah 3,7177. Akibat itu, magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dituliskan sebagai berikut:

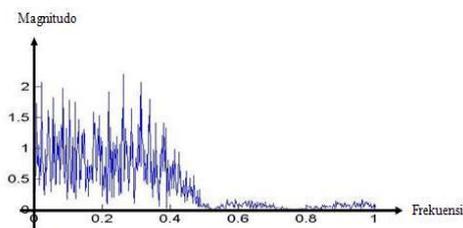
$$\begin{aligned}
Mag_1 X[2] &= \sqrt{-0,80534^2 + 3,7177^2} \\
X[2] &= 3,6294
\end{aligned}$$

Kemudian, untuk nilai k sama dengan tiga, nilai nyata adalah sebesar -2,0331. Di lain pihak, nilai khayal adalah 2,1744. Akibat itu, magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
Mag_1 X[3] &= \sqrt{-2,0331^2 + 2,1744^2} \\
X[3] &= 0,7711
\end{aligned}$$

Magnitudo Respon akibat Eksitasi Sinyal Acak pada nilai k sama dengan empat hingga k sama dengan seribu, juga

dihitung seperti pada magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dengan nilai k sama dengan satu, dua, dan tiga di atas. Magnitudo respon akibat eksitasi sinyal acak dinyatakan dalam Gambar 4.5. Pada Gambar tersebut, terlihat bahwa pada rentang frekuensi nol hingga 0,5 sinyal acak berfluktuasi pada magnitudo sama dengan satu. Sedangkan pada frekuensi 0,55 hingga 1, sinyal acak berada pada magnitudo sinyal acak hampir sama dengan nol. Gambar tersebut adalah transformasi respon acak dari domain waktu ke domain frekuensi.



Gambar 4.5. Respon Acak Filter Chebyshev Tipe II dalam Domain Frekuensi

4.10. Perbandingan Antara Rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal

Acak dengan Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Impak

Perbandingan antara rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Impak dinyatakan dalam Persentase Beda. Untuk memperoleh persentase beda, maka nilai rata-rata magnitudo respon filter akibat eksitasi sinyal acak dan sinyal impak harus diketahui. Karena itu, simulasi dilakukan sebanyak sepuluh hingga seratus kali agar diperoleh magnitudo respon filter. Magnitudo Respon Filter akibat Eksitasi Sinyal Acak hasil simulasi tersebut kemudian dirata-ratakan. Jika n adalah bilangan asli, $Mag_i X[k]$ adalah Magnitudo pada simulasi ke- i , maka magnitudo rata-rata respon akibat eksitasi sinyal acak yang dilambangkan dengan $Mag_n X[k]$ dinyatakan sebagai berikut:

$$Mag_n X[k] = \frac{\sum_{i=1}^n Mag_i X[k]}{n} \dots \dots \dots (4.4)$$

Magnitudo rata-rata diperoleh dengan bantuan persamaan (4.3). Untuk simulasi yang pertama dan nilai k sama dengan 200, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$Mag_{10} X(k) = \frac{Mag_1 X(k) + Mag_2 X(k) + Mag_3 X(k) + Mag_4 X(k) + Mag_5 X(k) + Mag_6 X(k) + Mag_7 X(k) + Mag_8 X(k) + Mag_9 X(k) + Mag_{10} X(k)}{n} = 0,630752$$

Untuk simulasi yang pertama dan nilai k sama dengan 201, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

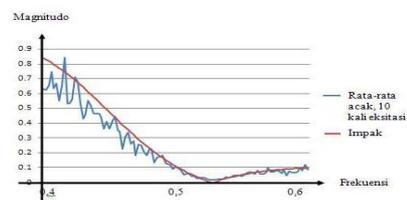
$$Mag_{10} X(k) = \frac{Mag_1 X(k) + Mag_2 X(k) + Mag_3 X(k) + Mag_4 X(k) + Mag_5 X(k) + Mag_6 X(k) + Mag_7 X(k) + Mag_8 X(k) + Mag_9 X(k) + Mag_{10} X(k)}{n} = 0,626117$$

Untuk simulasi yang pertama dan nilai k sama dengan 202, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$Mag_{10} X(k) = \frac{Mag_1 X(k) + Mag_2 X(k) + Mag_3 X(k) + Mag_4 X(k) + Mag_5 X(k) + Mag_6 X(k) + Mag_7 X(k) + Mag_8 X(k) + Mag_9 X(k) + Mag_{10} X(k)}{n} = 0,655662$$

Simulasi yang pertama dan nilai k sama dengan 203 hingga k sama dengan 300 juga dihitung seperti pada k sama dengan 200, 201, dan 202 di atas.

Magnitudo rata-rata Akibat Eksitasi Sinyal Acak untuk simulasi yang pertama dicantumkan dalam Tabel L.6. Tabel tersebut kemudian digambarkan dalam Gambar 4.6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa magnitudo rata-rata akibat eksitasi sinyal acak masih belum mendekati Magnitudo Sinyal Impak.



Gambar 4.6. Perbandingan Antara Rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak 10 kali simulasi

Kemudian Untuk simulasi yang kedua dengan 20 kali simulasi. Magnitudo rata-rata juga diperoleh dengan bantuan persamaan (4.3). Simulasi yang kedua dan nilai k sama dengan 200, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Mag}_{20}X(k) = \frac{\text{Mag}_1X(k)+\text{Mag}_2X(k)+\text{Mag}_3X(k)+\dots+\text{Mag}_{20}X(k)}{n}$$

$$= 0,6778125$$

Untuk simulasi kedua dan nilai k sama dengan 201, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Mag}_{20}X(k) = \frac{\text{Mag}_1X(k)+\text{Mag}_2X(k)+\text{Mag}_3X(k)+\dots+\text{Mag}_{20}X(k)}{n}$$

$$= 0,604395$$

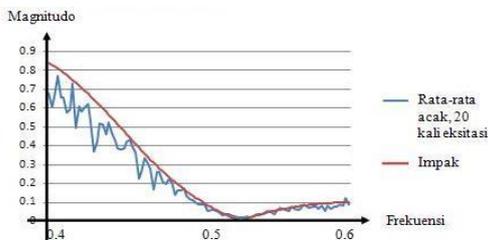
Untuk simulasi kedua dan nilai k sama dengan 202, magnitudo rata-rata dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Mag}_{20}X(k) = \frac{\text{Mag}_1X(k)+\text{Mag}_2X(k)+\text{Mag}_3X(k)+\dots+\text{Mag}_{20}X(k)}{n}$$

$$= 0,6634105$$

Simulasi kedua, pada k sama dengan 203 hingga k sama dengan 300 juga dihitung seperti pada k sama dengan 200, 201, dan 202 di atas.

Magnitudo rata-rata Akibat Eksitasi Sinyal Acak untuk simulasi yang kedua dicantumkan dalam Tabel L.5. Tabel tersebut kemudian digambarkan dalam Gambar 4.7. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa magnitudo rata-rata akibat eksitasi sinyal acak masih belum mendekati Magnitudo Sinyal Impak.



Gambar 4.7. Perbandingan antara Rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak dengan 20 kali simulasi

Selanjutnya untuk 30 kali hingga 100 kali simulasi juga dihitung seperti pada simulasi yang pertama dan kedua di atas. Perbandingan antara Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak yang diperoleh melalui simulasi kemudian dibandingkan lagi untuk mencari persentase rata-rata.

Persentase Perbandingan antara Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi

Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak dilakukan agar diperoleh persentase terendah dan persentase tertinggi pada Magnitudo Respon. Jika $\text{Mag}_nX(k)$ adalah Magnitudo rata-rata respon akibat eksitasi sinyal acak dan $\text{Mag I}(k)$ adalah Magnitudo respon akibat eksitasi sinyal Impak, maka Persentase perbandingan antara Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak yang dilambangkan dengan PM dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{PM} = \frac{\text{Mag}_nX(k) - \text{Mag I}(k)}{\text{Mag I}(k)} \cdot 100 \% \dots \dots (4.10)$$

Persentase Magnitudo yang pertama dan nilai k sama dengan 200, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$\text{PM} = \frac{\text{Mag}_{10}X(200) - \text{Mag I}(200)}{\text{Mag I}(200)} \cdot 100 \%$$

$$= 24 \%$$

Untuk nilai k sama dengan 201 pada simulasi yang pertama, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$\text{PM} = \frac{\text{Mag}_{10}X(201) - \text{Mag I}(201)}{\text{Mag I}(201)} \cdot 100 \%$$

$$= 24 \%$$

Untuk nilai k sama dengan 202 pada simulasi yang pertama, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$\text{PM} = \frac{\text{Mag}_{10}X(202) - \text{Mag I}(202)}{\text{Mag I}(202)} \cdot 100 \%$$

$$= 19 \%$$

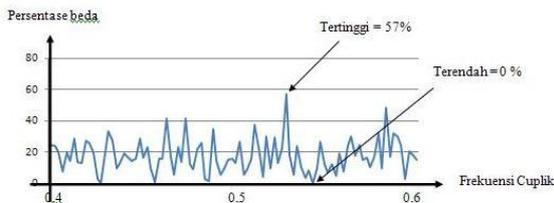
Untuk nilai k sama dengan 203 pada simulasi yang pertama, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$\text{PM} = \frac{\text{Mag}_{10}X(203) - \text{Mag I}(203)}{\text{Mag I}(203)} \cdot 100 \%$$

$$= 7 \%$$

Persentase Magnitudo pada nilai k sama dengan 204 hingga k sama dengan 300 untuk sepuluh kali simulasi juga dihitung seperti pada k sama dengan 200, 201, 202 dan 203 di atas. Persentase Perbandingan antara Magnitudo Respon Filter akibat

Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak dicantumkan dalam Tabel L.7. Tabel tersebut kemudian digambarkan dalam Gambar 4.8. Pada gambar tersebut terlihat bahwa persentase beda magnitudo terendah adalah sebesar nol persen. Selain itu, persentase beda magnitudo tertinggi adalah sebesar 57%.



Gambar 4.8. Persentase beda Magnitudo 10 kali simulasi

Persentase Magnitudo untuk 20 kali simulasi dan nilai k sama dengan 200, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$PM = \frac{Mag_{20}X(200) - Mag I(200)}{Mag I(200)} \cdot 100 \% = 19 \%$$

Pada nilai k sama dengan 201 untuk 20 kali simulasi, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$PM = \frac{Mag_{20}X(201) - Mag I(201)}{Mag I(201)} \cdot 100 \% = 26 \%$$

Pada nilai k sama dengan 202 untuk 20 kali simulasi, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

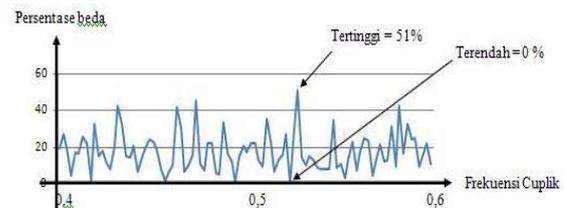
$$PM = \frac{Mag_{20}X(202) - Mag I(202)}{Mag I(202)} \cdot 100 \% = 18 \%$$

Pada nilai k sama dengan 203 untuk 20 kali simulasi, persentase magnitudo dihitung sebagai berikut:

$$PM = \frac{Mag_{20}X(203) - Mag I(203)}{Mag I(203)} \cdot 100 \% = 4 \%$$

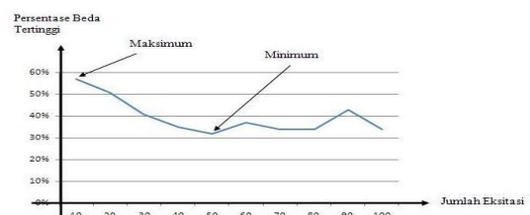
Persentase Magnitudo pada nilai k sama dengan 204 hingga k sama dengan 300 untuk 20 kali simulasi juga dihitung seperti pada nilai k sama dengan 200,201,202 dan 203 di atas. Persentase Perbandingan antara Magnitudo Respon Filter akibat

Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak dicantumkan dalam Tabel L.8. Tabel tersebut kemudian digambarkan dalam Gambar 4.9. Pada gambar tersebut terlihat bahwa persentase beda magnitudo terendah adalah sebesar nol persen. Selain itu, persentase beda magnitudo tertinggi adalah sebesar 51%.



Gambar 4.9. Persentase beda Magnitudo 20 kali simulasi

Persentase beda Magnitudo 30 kali hingga 100 kali, simulasi juga dihitung sama seperti pada persentase beda magnitudo 10 kali, 20 kali di atas. Persentase Perbandingan antara Magnitudo Respon Filter akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak pada simulasi 40 hingga 100 kali dicantumkan dalam berturut-turut Tabel L.9; L.10; L.11; L.12; L.13; L.14; L.15; dan L.16 seperti pada Lampiran 2. Tabel-tabel tersebut kemudian digambarkan dalam Grafik seperti pada Lampiran 3. Pada Grafik-grafik tersebut terlihat persentase beda magnitudo tertinggi dan terendah. Persentase beda magnitudo tertinggi dan terendah ditabelkan pada Tabel L.17. Persentase beda magnitudo tertinggi pada Tabel L.17 kemudian dinyatakan dalam Gambar 4.11. Pada gambar tersebut terlihat Persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi 10 kali yaitu sebesar 57%. Di lain pihak, persentase beda magnitudo tertinggi minimum terjadi pada simulasi 50 kali yaitu sebesar 32%.



Gambar 4.11. Persentase beda Magnitudo tertinggi

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah Persentase beda magnitudo antara rata-rata Magnitudo Respon Filter Akibat Eksitasi Sinyal Acak dengan Eksitasi Sinyal Impak untuk sepuluh kali hingga seratus kali simulasi telah diketahui. Persentase beda magnitudo tertinggi maksimum terjadi pada simulasi 10 kali yaitu sebesar 57%. Di lain pihak, persentase beda magnitudo tertinggi minimum terjadi pada simulasi 50 kali yaitu sebesar 32%.

Setelah dilakukan beberapa kali simulasi, terlihat bahwa nilai rata-rata magnitudo respon filter akibat sinyal acak tidak ada yang dapat dianggap sama dengan nilai magnitudo filter akibat eksitasi sinyal impak. Ini karena persentase beda magnitudo tertinggi tidak di bawah sepuluh persen.

5.2. Saran

Pada Grafik 4.11, terlihat nilai persentase beda magnitudo cenderung menurun. Ini berarti peneliti selanjutnya dapat meneliti kecenderungan penurunan persentase beda magnitudo.

DAFTAR PUSTAKA

- Goldman, Steve, 1999 : *Vibration Spectrum Analysis, A Practical Approach, Second Edition*, Industrial Press Inc., New York.
- Kreyszig, Erwin, 1999 : *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley & Sons, Inc. Singapore.
- Sinha, Naresh K., 1991 : *Linear Systems*, John Wiley & Sons, Inc. Singapore.

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

Strum, Robert D., 1994 : *Contemporary Linear Systems Using MATLAB*, PWS Publishing Company, Boston.

Valkenburg, M. E. Van, 1982 : *Analog Filter Design*, Holt, Rinehart and Winston, Holt-Saunde Jumlah Eksitasi Tokyo.

