

Comparison of FIR Hamming & Hanning Filter Average

Results Movement Recording

Cell Phone Noise On Gyro Sensor

Fina Valentina¹⁾ Vinsensius Christopher Nathaniel Arden²⁾ Rio Sebastian³⁾ Aviv⁴⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Komputer Fakultas Teknik & Informatika Universitas Multimedia Nusantara

ABSTRAK

Telepon genggam atau sering disebut ponsel merupakan alat yang kita gunakan sehari-hari. Pada telepon genggam tentunya terdapat noise yang mungkin sulit bagi kita untuk mereduksi noise tersebut. Noise pada ponsel dapat memengaruhi perangkat elektronik atau sistem komunikasi lainnya. Itu dapat bermanifestasi dalam berbagai bentuk, termasuk interferensi elektromagnetik (EMI), interferensi frekuensi radio (RFI). Untuk dapat mereduksi noise yang terdapat pada ponsel dibutuhkan sebuah alat yang bernama Sensor Gyroscope. Sensor Gyroscope dapat digunakan untuk mempertahankan arah referensi atau memberikan stabilitas dalam navigasi, stabilisator, dll. Demikian pula, sensor Gyro yang terdapat pada ponsel dapat digunakan untuk merasakan kecepatan dan percepatan rotasi sudut.

Makalah ini membahas pengukuran filter digital pada giroskop sensor daya untuk mengoptimalkan pengukuran sudut sumbu menggunakan giroskop. Sensor giroskop yang digunakan dalam penelitian ini adalah kemiringan alat yang didalamnya terdapat giroskop. Raw data pada sensor gyroscope belum optimal, sehingga diperlukan filter digital yang mampu mereduksi (noise).

Kata kunci: Ponsel, Sensor Gyroscope, Filter, Deteksi frekuensi radio, noise

ABSTRACT

Mobile phones or called cell phones are tools that we use every day. On mobile phones, of course, there is noise, which may be difficult for us to reduce the noise. Noise on cell phones can effect other electronic devices or communication systems. It can manifest in many forms, including electromagnetic interference (EMI), radio frequency interference (RFI). Sensor Gyroscope is used to maintain a reference direction or provide stability in navigation, stabilizers, etc. Similarly, a gyroscope or a Gyro sensor is present in your smartphone to sense angular rotational velocity and acceleration.

This paper discusses digital filter measurement on power sensor gyroscope to optimize the measurement of axis angle using a gyroscope. The gyroscope sensor used in this study is the tilt of the device in which there is a gyroscope. The raw data on the gyroscope sensor is not optimal, so it needs a digital filter that is able to reduce (noise). There are 2 types of digital filters compared in average result, namely hamming, and hanning filter.

Keywords: Cell Phone, Sensor Gyroscope, Filter, Radio frequency Detection, Noise

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Filter Infinite Impulse Response (IIR) dan Finite Impulse Response (FIR) adalah filter sinyal digital yang paling banyak digunakan. Penerapan masing-masing jenis filter tergantung pada kebutuhan pengguna. Filter Infinite Impulse Response (IIR) umumnya digunakan untuk aplikasi dengan memori terbatas. Sebagai perbandingan, filter Finite Impulse Response (FIR) biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan fase linier.

Filter digital menggunakan algoritma matematika untuk menghilangkan interferensi dengan data digital dalam sinyal. Filter yang umum digunakan adalah filter IIR dan FIR, sedangkan filter IIR umumnya digunakan untuk aplikasi di mana fase linier tidak penting, dan memori terbatas.

Sensor gyroscope adalah perangkat yang mengukur dan mendeteksi orientasi dan kecepatan sudut suatu objek. Ini biasanya digunakan pada perangkat elektronik seperti smartphone, tablet, drone, dan pengontrol game untuk memberikan informasi tentang pergerakan dan rotasi perangkat.

Pada gyroscope terdapat gyro sensor untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Gyro sensor sendiri memiliki fungsi untuk mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna.

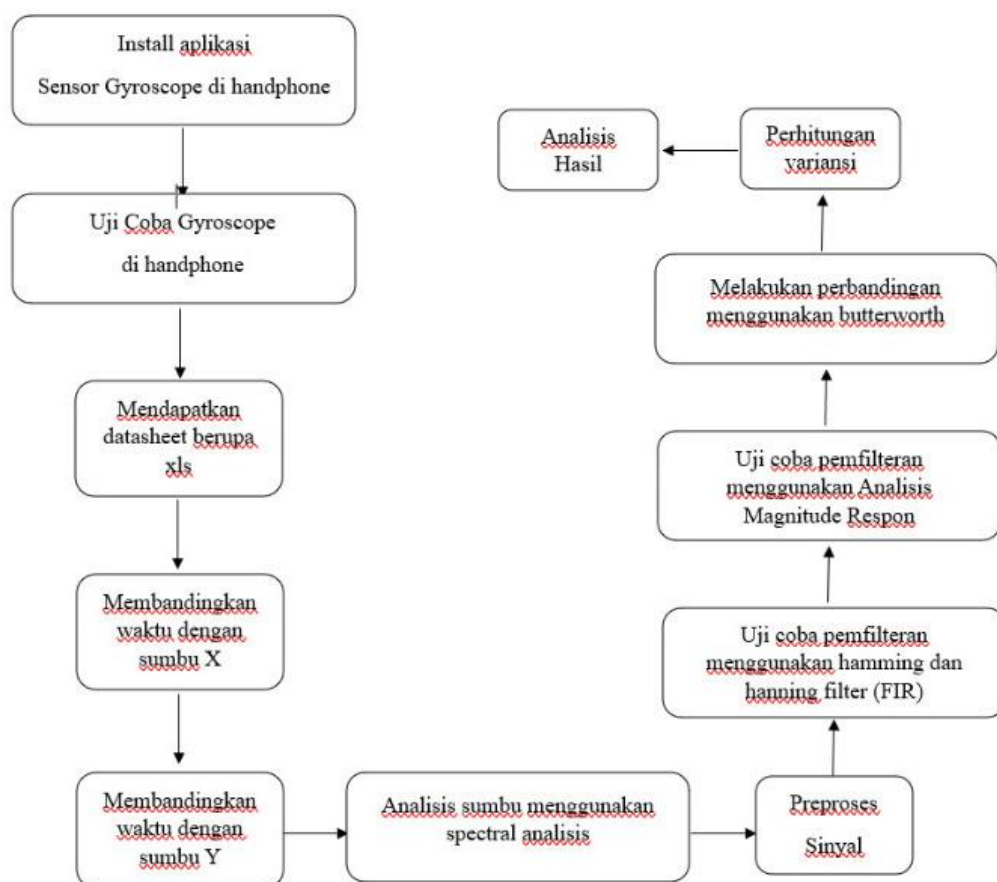
Berdasarkan pembahasan yang terdapat pada bagian latar belakang dan pendahuluan, penulis akan melakukan uji coba mengurangi noise pergerakan telepon genggam yang di deteksi oleh

Gyroscope sensor. Dimana uji coba ini akan menggunakan metode hamming dan hanning filter yang merupakan salah satu Teknik filtering FIR, dan nantinya penulis akan dibandingkan hasilnya.

Dimana pada saat pengujian penulis akan membandingkan waktu dan sudut x yang terdapat pada datasheet yang penulis dapatkan melalui uji coba langsung pada telepon genggam pengguna yang nantinya datasheet tersebut akan di ekspor menjadi .xls.

B. Objek dan Metode Penelitian

Pada tahap metode penelitian, terdapat beberapa langkah yang penulis lakukan untuk mendapat hasil penelitian (lihat gambar 1).



Gambar 1. Alur Penelitian

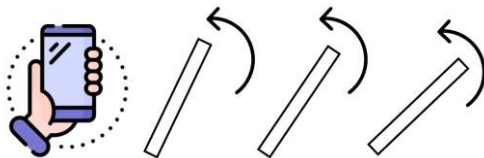
1. Sumber Data Sinyal Gyroscope

Data yang digunakan pada aplikasi sensor gyroscope yang telah terunduh di perangkat penulis. Aplikasi sensor gyroscope bisa diunduh di playstore.

ime	x	y	z			
0,018	0,06593	-0,07205	0,02521			18
0,068	0,03503	0,03342	0,00922			68
0,127	0,07445	-0,04541	0,01454			127
0,169	0,02864	-0,00706	0,01454			169
0,219	0,05847	-0,03583	-0,01315			219
0,269	0,06487	0,03555	0,01775			269
0,32	0,08723	0,02277	-0,03445			320
0,368	0,11279	0,01105	0,00603			368
0,419	0,25768	-0,0369	0,01135			419
0,469	0,19801	-0,04008	0,03905			469
0,519	0,20547	-0,03369	-0,03764			519
0,57	0,13623	0,19746	-0,05576			570
0,619	0,22572	0,14421	-0,02487			619
0,67	0,37485	-0,07738	-0,0206			670
0,722	0,40468	0,21664	-0,01527			722
0,769	0,38338	0,01956	-0,07387			769
0,819	0,26514	0,08241	-0,04192			819
0,869	0,18736	0,10799	-0,06001			869
0,921	0,23212	0,1261	0,01668			921
0,969	0,12665	0,08348	0,00816			969
1,018	0,18736	0,05579	0,02307			1018
1,069	0,23212	0,01744	0,01668			1069
1,119	0,26939	0,03874	-0,01208			1119
1,169	0,35994	-0,07205	-0,0302			1169
1,219	0,22572	-0,00067	-0,00356			1219
1,269	0,07445	0,02489	-0,02167			1269

Tabel 1. Data Uji Coba

Dari data sinyal tersebut, diambil sampel selama 0.6 detik (0.001 menit) dengan cara menggerakkan handphone secara bolak-balik, sebagai berikut.



Pada saat uji coba penulis mengambil noise sebanyak mungkin dengan tujuan agar lebih terlihat hasil variansinya. Selain itu, data yang diambil kami import ke dalam bentuk CSV.

2. Frekuensi Sampling

Implementasi frekuensi sampling dan pemrosesan sinyal dilakukan menggunakan MATLAB. Frekuensi Sampling yang penulis gunakan adalah sebesar 500Hz, dengan besaran waktu time = [0:0.01:1]. Untuk domain frekuensi, sumbu x dibatasi dari 0 Hz hingga setengah dari

sampling rate, yaitu 250 Hz, karena panjang FFT yang digunakan adalah 512. Namun, dalam tersebut hanya digunakan separuh pertama dari hasil FFT, sehingga domain frekuensi yang terlihat adalah dari 0 Hz hingga 125 Hz. Jadi, domain frekuensi domain nya hanya mencakup rentang dari 0 Hz hingga 125 Hz.

3. Preproses Sinyal

Praproses sinyal dilakukan melalui 2 tahapan, yaitu tahap *bandpass FIR hamming window filter* dan *butterworth*.

· ***Bandpass FIR hamming hanning Filter***

Peneliti memilih *hamming window* karena Respons frekuensi yang tepat. Gyroscope menghasilkan sinyal dengan rentang frekuensi tertentu yang mengandung informasi penting tentang pergerakan atau rotasi objek. Hamming filter memiliki respons frekuensi yang tepat dan rata di sepanjang pita frekuensi yang diinginkan. Hal ini memungkinkan filter Hamming untuk mempertahankan komponen frekuensi yang relevan dengan gerakan objek dan secara efektif menghilangkan komponen frekuensi yang tidak diinginkan.

Pengurangan noise dan interferensi, sinyal yang dihasilkan oleh gyroscope sering kali mengandung noise dan interferensi yang dapat mengganggu akurasi pengukuran. Hamming filter dapat membantu mengurangi noise dan interferensi dengan baik. Filter ini dapat mereduksi komponen frekuensi yang tidak relevan, termasuk noise dan interferensi, sehingga meningkatkan kualitas sinyal gyroscope yang digunakan untuk analisis atau estimasi gerakan objek.

Pemotongan frekuensi yang tepat, dalam beberapa aplikasi penggunaan gyroscope, hanya rentang frekuensi tertentu yang diinginkan dan relevan. Hamming filter dapat dengan tepat memotong atau membatasi rentang frekuensi pada pita frekuensi yang diinginkan. Dengan menggunakan Hamming filter, sinyal gyroscope dapat diperoleh dengan rentang frekuensi yang lebih fokus dan relevan, sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu.

Implementasi yang efisien, filter Hamming memiliki implementasi yang relatif sederhana dan tidak memerlukan perhitungan yang kompleks. Ini membuatnya lebih mudah dan efisien untuk diimplementasikan dalam perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan dalam sistem gyroscope. Filter Hamming dapat diimplementasikan dengan cepat dan memerlukan sumber daya komputasi yang lebih rendah dibandingkan dengan beberapa jenis filter lainnya.

Bandpass dipilih karena Pemisahan frekuensi yang presisi, filter bandpass memungkinkan pemisahan frekuensi yang presisi pada rentang frekuensi tertentu yang diinginkan. Dalam konteks gyroscope, filter bandpass digunakan untuk memisahkan komponen frekuensi yang relevan dengan gerakan objek dan menghilangkan komponen frekuensi yang tidak diinginkan seperti noise atau interferensi. Dengan demikian, filter bandpass membantu memfokuskan analisis pada komponen frekuensi yang penting dalam pengukuran sudut atau kecepatan sudut.

Penekanan frekuensi yang tidak relevan, Gyroscope sering kali menerima sinyal dari berbagai sumber atau lingkungan yang dapat menyebabkan interferensi atau noise dengan frekuensi yang tidak relevan. Filter bandpass memungkinkan penekanan atau attenuasi yang lebih baik terhadap frekuensi-frekuensi di luar rentang yang diinginkan. Hal ini membantu mengurangi pengaruh interferensi dan noise yang tidak relevan pada pengukuran sudut atau kecepatan sudut.

Penghilangan komponen DC dan frekuensi rendah, Gyroscope menghasilkan sinyal yang mungkin juga termasuk komponen DC atau frekuensi rendah yang tidak diinginkan. Filter bandpass dapat membantu menghilangkan komponen tersebut, sehingga fokus hanya pada komponen frekuensi yang lebih tinggi yang relevan dengan gerakan atau rotasi objek.

Dapat meminimalkan distorsi dan aliasing, filter bandpass dapat membantu meminimalkan distorsi atau aliasing yang mungkin terjadi pada sinyal gyroscope. Dengan membatasi rentang frekuensi pada pita yang diinginkan, filter bandpass memastikan bahwa hanya komponen frekuensi yang relevan yang melewati filter dan diukur dengan akurat. Hal ini membantu menghindari kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh distorsi atau aliasing.

· Butterworth FIR filter

Butterworth dipilih karena Karakteristik respon frekuensi yang rata: Filter Butterworth memiliki karakteristik respon frekuensi yang rata di seluruh rentang frekuensi. Ini berarti filter Butterworth dapat memberikan attenuasi yang relatif konstan pada semua frekuensi dalam pita frekuensi yang diinginkan. Dalam konteks gyroscope, ini berarti filter Butterworth tidak memperkenalkan distorsi tambahan pada sinyal dalam pita frekuensi yang diinginkan, sehingga komponen frekuensi yang relevan dengan gerakan atau rotasi objek dapat dipertahankan dengan akurasi.

Roll-off yang halus, Filter Butterworth memiliki roll-off yang halus pada pita frekuensi yang tidak diinginkan. Roll-off yang halus berarti filter Butterworth dapat secara efektif mengurangi komponen frekuensi yang tidak diinginkan di luar pita frekuensi yang diinginkan. Dalam pemrosesan sinyal gyroscope, ini membantu meminimalkan pengaruh noise atau interferensi yang dapat mengganggu akurasi pengukuran gerakan atau rotasi objek.

Order filter yang dapat disesuaikan, Filter Butterworth memungkinkan pengaturan order filter yang dapat disesuaikan. Order filter menentukan sejauh mana filter dapat mereduksi frekuensi yang tidak diinginkan di luar pita frekuensi yang diinginkan. Dalam beberapa kasus, pengaturan order filter yang lebih tinggi dapat memberikan attenuasi yang lebih baik terhadap komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Dengan filter Butterworth, pengguna dapat memilih order filter yang sesuai dengan kebutuhan pengukuran gyroscope yang spesifik.

Implementasi yang relatif sederhana, Implementasi filter Butterworth relatif sederhana dan tidak memerlukan perhitungan yang kompleks. Filter ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan konvolusi sederhana antara sinyal input dan koefisien filter.

Kelebihan ini membuat filter Butterworth lebih mudah diimplementasikan dalam berbagai platform perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem gyroscope.

C. Landasan Teori

1. *Noise Filtering*

Noise Filtering mengacu pada proses menghilangkan atau mengurangi kebisingan yang tidak diinginkan dari sinyal sambil mempertahankan informasi bermanfaat yang mendasarinya. Kebisingan dapat dimasukkan ke dalam sinyal melalui berbagai sumber, seperti gangguan listrik, keterbatasan sensor, faktor lingkungan, atau kesalahan transmisi.

Tujuan dari noise filtering adalah untuk meningkatkan kualitas dan kejernihan sinyal dengan meminimalkan dampak noise. Ini sangat penting dalam aplikasi di mana analisis akurat, interpretasi, atau pemrosesan sinyal lebih lanjut diperlukan.

Ada beberapa teknik dan metode yang biasa digunakan untuk noise filtering:

- Penyingkapan dalam domain waktu: Pendekatan ini melibatkan penerapan filter langsung ke representasi domain waktu dari sinyal. Filter domain waktu umum mencakup filter rata-rata bergerak, filter median, dan filter low-pass. Filter ini memuluskan sinyal dengan rata-rata sampel tetangga atau menghilangkan outlier, secara efektif mengurangi noise frekuensi tinggi.

- Penyingkapan dalam domain frekuensi: Pendekatan ini melibatkan transformasi sinyal ke dalam domain frekuensi menggunakan teknik seperti transformasi Fourier atau transformasi wavelet, Butterworth, dsb. Begitu berada di domain frekuensi, derau dapat diidentifikasi dan dilemahkan dengan menerapkan filter yang menargetkan rentang frekuensi tertentu. Filter domain frekuensi umum mencakup filter high-pass, filter low-pass, dan filter bandpass.

2. *Finite Impulse Respon (FIR)*

Finite Impulse Response adalah filter yang memiliki respon impuls dengan periode terbatas. Metode perancangan filter FIR didasarkan pada pendekatan filter ideal, dimana pendekatan filter ini akan memiliki karakteristik yang sempurna karena orde filter akan meningkat sehingga pembuatan filter, dan implementasinya akan lebih rumit. Filter FIR biasanya diimplementasikan menggunakan delay, multiplier, dan enhancer untuk menghasilkan output yang diinginkan.

3. *Metode Hamming Filtering*

Metode Hamming adalah metode filter FIR yang memiliki amplitudo yang dibentuk oleh fungsi cosinus, filter ini dibatasi hingga derajat N. Ketika nilai n berada dalam kisaran:

$$-\frac{N-1}{2} \leq n \leq \frac{N-1}{2} \quad (\text{ganjil})$$
$$-\frac{N}{2} \leq n \leq \frac{N}{2} \quad (\text{genap})$$

Maka nilai w(n) adalah sebagai berikut:

$$w(n) = 0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$$

4. *Metode Hanning Filtering*

Metode Hanning adalah metode filter FIR yang memiliki amplitudo yang juga dibentuk oleh fungsi cosinus, dan dibatasi hingga derajat N. Berbeda dengan metode hamming, hanning menyentuh titik 0 di kedua ujung sinyal.

5. *Metode Bandpass Filtering*

Bandpass filtering adalah proses pengolahan sinyal yang digunakan untuk mempertahankan atau mengisolasi komponen frekuensi dalam rentang tertentu, yang dikenal sebagai pita (band) frekuensi. Filter ini memungkinkan sinyal dengan frekuensi di dalam pita yang ditentukan untuk melewati filter dengan sedikit atau tanpa perubahan, sementara sinyal dengan frekuensi di luar pita tersebut akan diredam atau diblokir.

Tujuan dari bandpass filtering adalah untuk memfokuskan perhatian pada komponen frekuensi tertentu dalam sinyal, dan menghilangkan atau mengurangi gangguan dari komponen frekuensi di luar pita yang tidak diinginkan. Dalam praktiknya, pemilihan parameter filter seperti frekuensi cut-off bawah dan atas, orde filter, dan jenis respons (misalnya Butterworth, Chebyshev, atau Elliptic).

6. *Metode Butterworth Filtering*

Butterworth filtering adalah jenis filter yang digunakan dalam pengolahan sinyal untuk menerapkan respons frekuensi yang rata atau datar dalam rentang pita frekuensi yang diinginkan. Filter Butterworth dirancang untuk memberikan respons amplitudo yang sehalus mungkin di dalam pita frekuensi yang ditentukan, tanpa memperkenalkan distorsi atau efek "ripple" pada pita frekuensi tersebut.

Dalam proses desain Butterworth filter, parameter yang perlu ditentukan adalah order filter dan frekuensi cut-off. Order filter mengontrol seberapa curam transisi

antara pita frekuensi yang melewati dan pita frekuensi yang diblokir. Semakin tinggi order filter, semakin curam transisi tersebut. Frekuensi cut-off menentukan batas pita frekuensi yang akan dilewatkan oleh filter.

Kelebihan dari Butterworth filter antara lain adalah respon frekuensi yang rata dan transisi yang lembut, serta kemudahan dalam desain dan implementasinya. Namun, filter Butterworth tidak memiliki kemampuan selektivitas yang tinggi seperti filter lain seperti Chebyshev atau Elliptic, yang berarti filter ini mungkin mengizinkan sedikit energi frekuensi di luar pita yang diinginkan untuk melewati filter.

7. *Metode Spectrum Filtering*

Spectrum filtering merujuk pada proses pengolahan sinyal yang melibatkan manipulasi atau pemrosesan domain frekuensi dari sinyal. Tujuan dari spectrum filtering adalah untuk memodifikasi karakteristik frekuensi sinyal dengan menghapus, mempertajam, atau memperlemah komponen frekuensi tertentu dalam sinyal.

Proses spectrum filtering melibatkan transformasi sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan transformasi Fourier. Filter FIR menggunakan koefisien yang hanya bergantung pada respons impuls, sedangkan filter IIR memiliki respons impuls yang tak terbatas.

Setelah proses filtering selesai, sinyal dapat dikembalikan ke domain waktu menggunakan transformasi invers, seperti Inverse FFT, untuk mendapatkan sinyal yang telah difilter dalam domain waktu.

8. *Metode Magnitude Filtering*

Magnitude filtering merujuk pada proses pengolahan sinyal di mana hanya komponen frekuensi dengan amplitudo (magnitude) tertentu yang dipertahankan atau dihilangkan dari spektrum frekuensi sinyal.

Tujuan utama dari magnitude filtering adalah untuk memanipulasi amplitudo komponen frekuensi dalam sinyal. Ini dapat dilakukan dengan menerapkan filter yang memungkinkan hanya komponen frekuensi di atas atau di bawah ambang batas tertentu yang dilewatkan, sementara komponen frekuensi lainnya dihilangkan.

Dalam magnitude filtering, komponen frekuensi yang diinginkan dapat dipertahankan dengan amplitudo yang sesuai, sementara komponen frekuensi yang tidak diinginkan dapat dipadamkan dengan meminimalkan amplitudo mereka.

9. *Metode Phase Filtering*

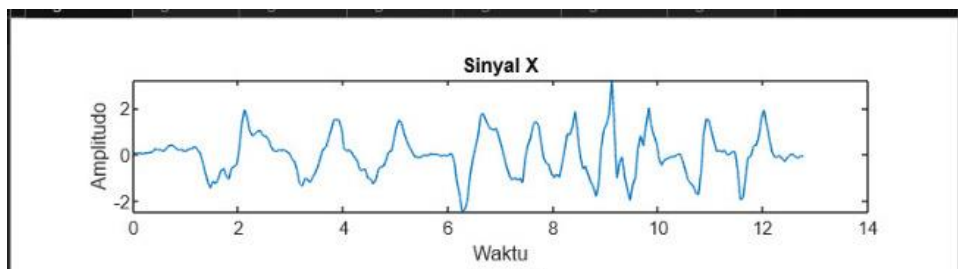
Phase filtering, atau filtering fase, mengacu pada proses manipulasi atau modifikasi fase sinyal dalam domain frekuensi untuk tujuan tertentu. Pada dasarnya, fase menggambarkan perubahan waktu relatif antara komponen frekuensi dalam suatu

sinyal. Phase filtering sering kali dilakukan bersamaan dengan magnitude filtering, di mana kedua aspek (magnitude dan fase) dari spektrum frekuensi sinyal dapat dimodifikasi untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Hasil dan Pembahasan

Pada percobaan kami, pertama-tama untuk melakukan percobaan dengan melakukan uji coba sensor gyroscope pada salah satu perangkat kami, dan nanti nya kita akan analisis dan mem-filter noise yang tidak diinginkan, seperti noise yang terdapat pada perangkat diluar dari gerakan yang kami lakukan.

Selanjutnya, kami membandingkan waktu dengan sumbu x (*Gambar 1*). Dan kami mendapatkan grafik sebagai berikut:

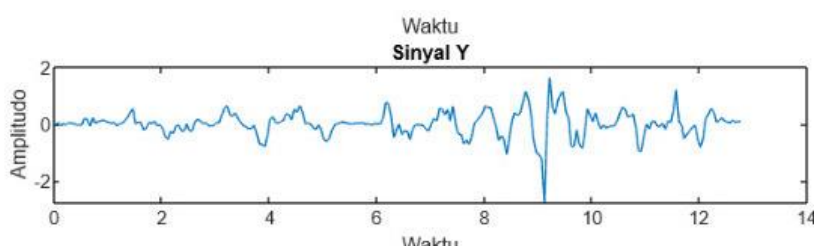


(*Gambar 1*)

Dimana, sudut x pada sensor gyroscope ini juga dikenal sebagai sudut roll, merujuk pada perubahan sudut rotasi sepanjang sumbu x. Sudut roll mengukur perputaran perangkat sekitar sumbu yang berjalan dari sisi ke sisi. Misalnya, jika Anda memiringkan perangkat Anda ke kiri atau ke kanan, sensor gyroscope akan mendeteksi perubahan sudut roll.

Terlihat pada Gambar 1, sinyal yang didapat melalui *dataset* dimana kami membandingkan waktu dengan grafik x, terdapat derau. Grafik waktu dengan grafik x yang naik turun (terlihat zig zag), menandakan bahwa frekuensi pada sinyal tersebut sangat bervariasi.

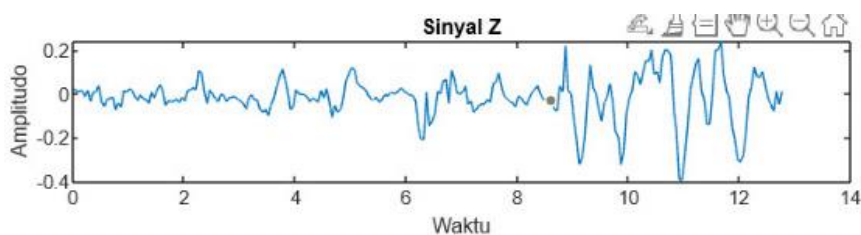
Selanjutnya, kami membandingkan waktu dengan sumbu y (*Gambar 3*). Dan kami mendapatkan grafik sebagai berikut:



(Gambar 3)

Sudut Y (Pitch): Sudut y, yang juga disebut sudut pitch, mengukur perubahan sudut rotasi sepanjang sumbu y. Sudut pitch menggambarkan perputaran perangkat sekitar sumbu yang berjalan dari depan ke belakang. Jika Anda miringkan perangkat Anda ke atas atau ke bawah, sensor gyroscope akan mendeteksi perubahan sudut pitch.

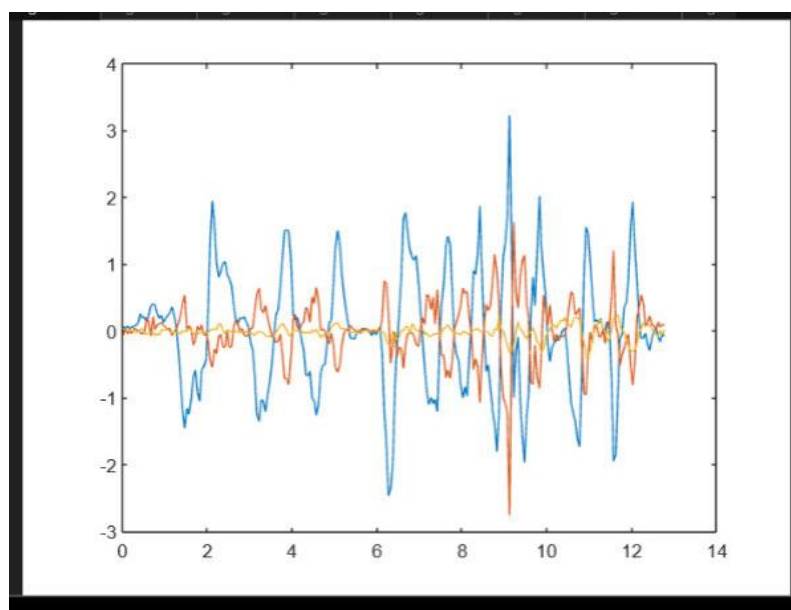
Selanjutnya, kami membandingkan waktu dengan sumbu z (Gambar 4). Dan kami mendapatkan grafik sebagai berikut:



(Gambar 4)

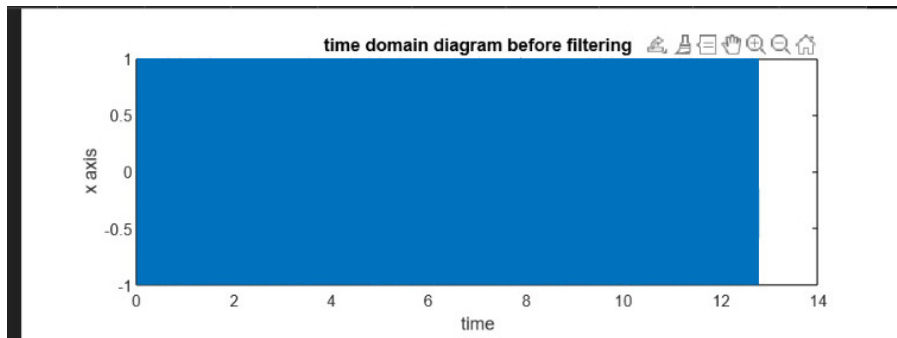
Sudut Z (Yaw): Sudut z, dikenal juga sebagai sudut yaw, merujuk pada perubahan sudut rotasi sepanjang sumbu z. Sudut yaw mengukur perputaran perangkat sekitar sumbu yang berjalan secara vertikal melalui perangkat. Jika Anda memutar perangkat Anda searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam, sensor gyroscope akan mendeteksi perubahan sudut yaw.

Setelah itu kami membandingkan waktu dengan sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Dan mendapatkan hasil grafik sebagai berikut:

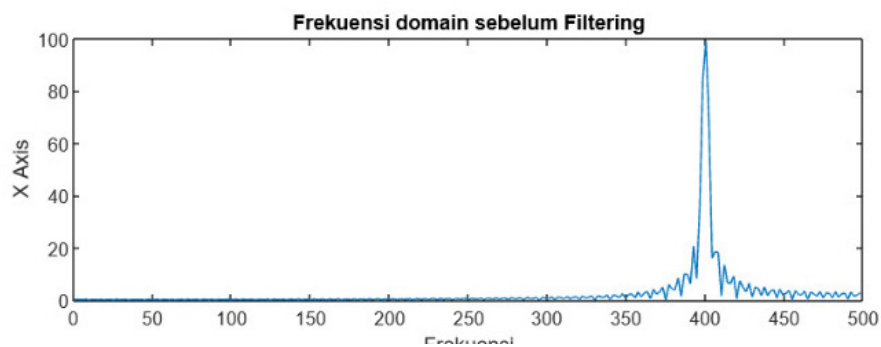


(Gambar 5)

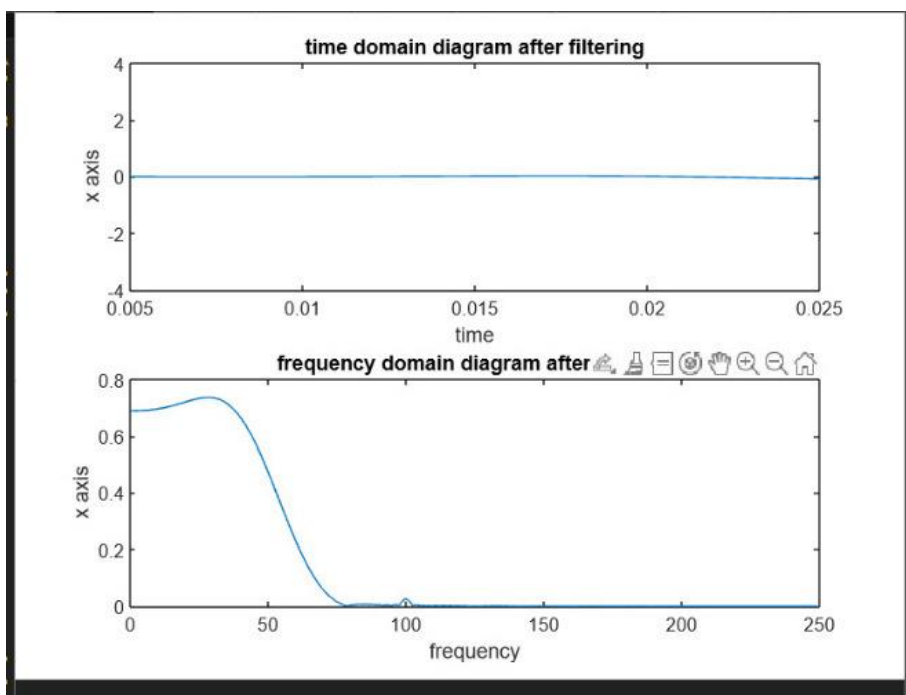
Berikutnya, kita akan menganalisis time domain dan frekuensi domain, dan kita mendapatkan hasil grafik sebagai berikut:



(Gambar 6)

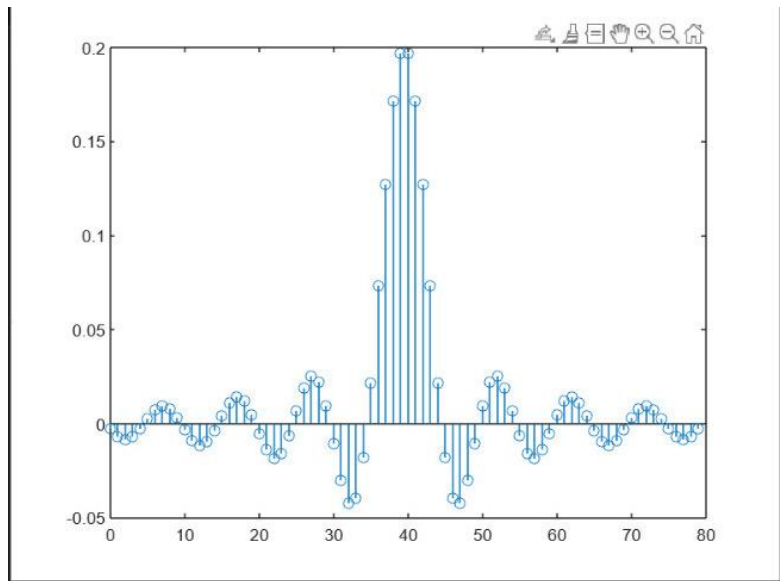


(Gambar 7)



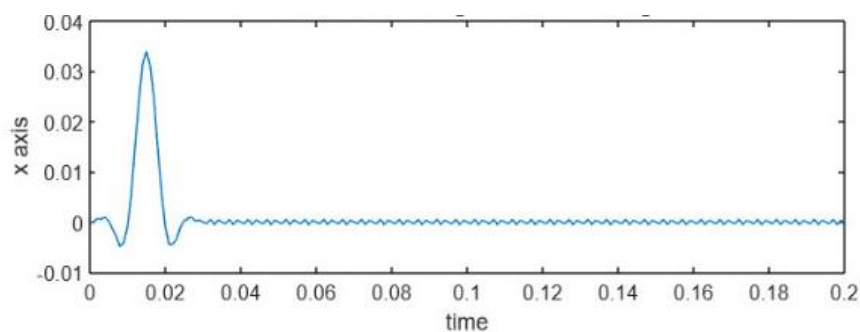
(Gambar 8)

Perlu diingat, frekuensi domain sensor gyroscope ini dapat dipengaruhi oleh waktu. Jadi bisa berubah suatu saat, oleh karena itu kita memerlukan fft untuk mem-filter time domain dan frekuensi domain menggunakan spectrum analisis sinyal. Pada spectrum analisis kami mendapatkan grafik sebagai berikut:



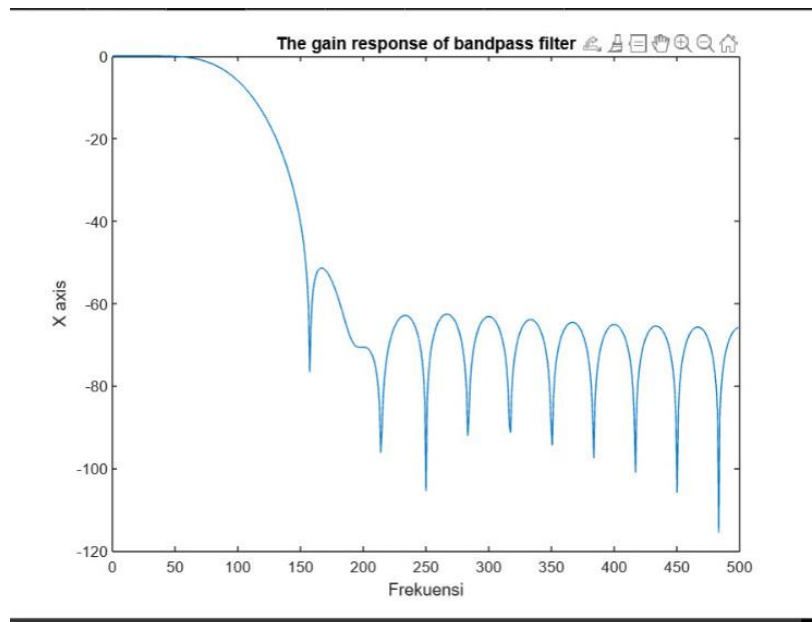
(Gambar 9)

Dari analisis spectrum dan melakukan filter fft, maka di dapatkan hasil grafik time domain dan frekuensi domain sebagai berikut:



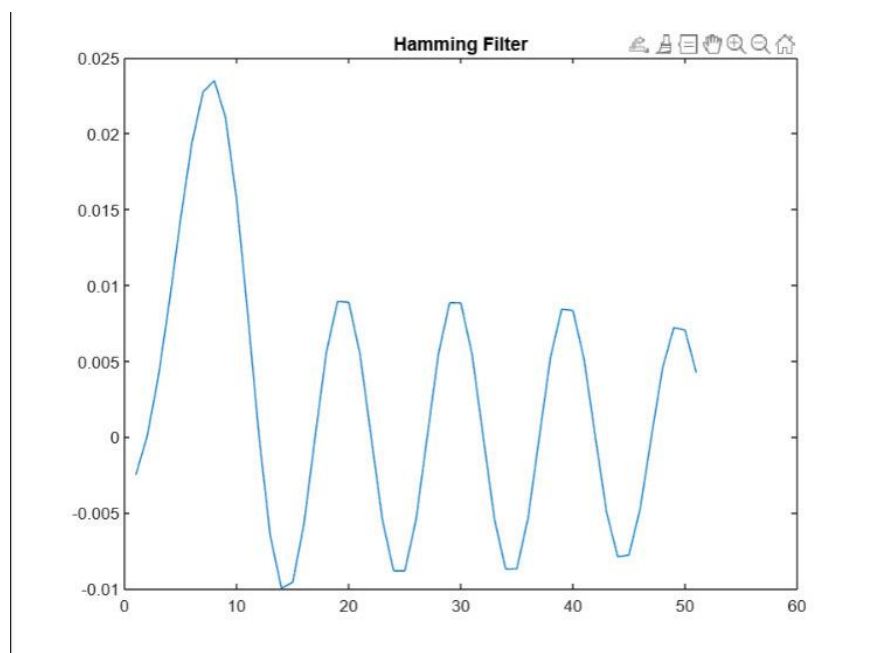
(Gambar 10)

Setelah mendapatkan hasil filter time domain dan frekuensi domain, selanjutnya kita akan melakukan bandpass analisis terhadap sinyal. Dan grafik yang kami dapatkan saat melakukan bandpass analisis adalah sebagai berikut:

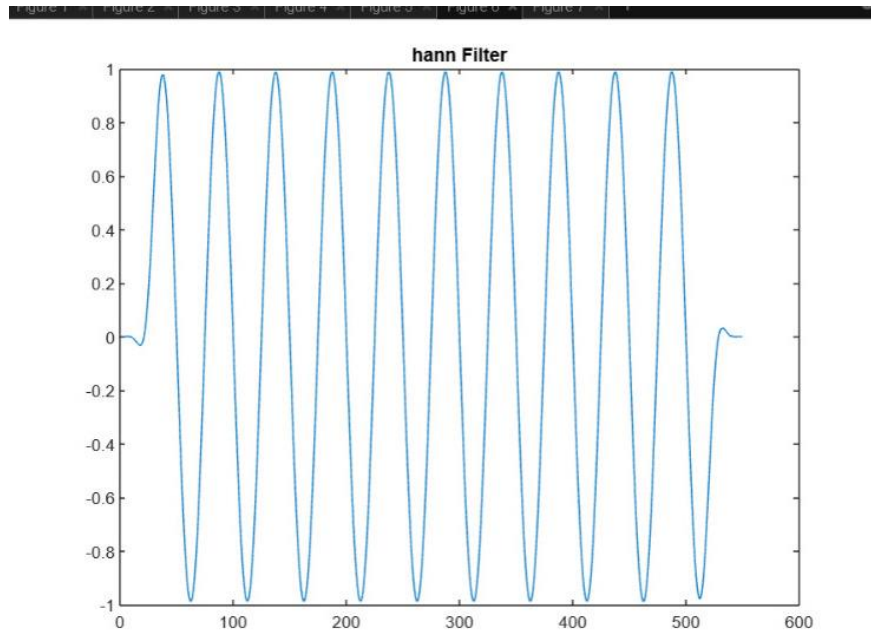


(Gambar 11)

Selanjutnya, kita akan melakukan proses filter sinyal. Disini kita akan menggunakan Teknik hamming dan hanning filter. Pada proses filter sinyal hamming dan hanning kita mendapatkan hasil grafik sebagai berikut:



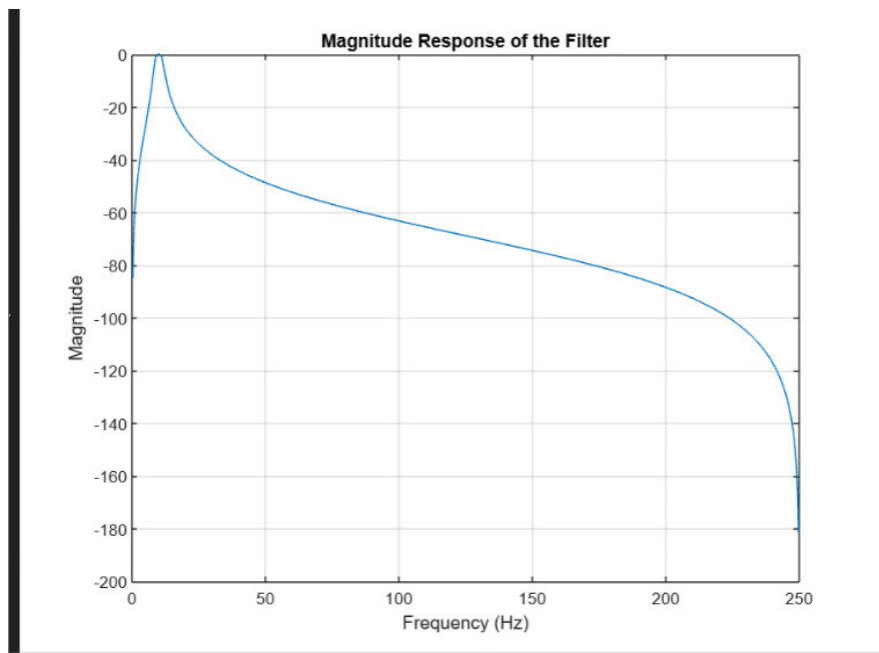
(Gambar 12)



(Gambar 13)

Selanjutnya, kita akan melakukan analisis magnitude response, dimana magnitude response ini digunakan untuk menganalisis karakteristik frekuensi dari sistem. Ini mengacu pada magnitudo respons sistem terhadap sinyal input pada frekuensi. Respon magnitudo menunjukkan seberapa baik sistem merespons atau melewati frekuensi.

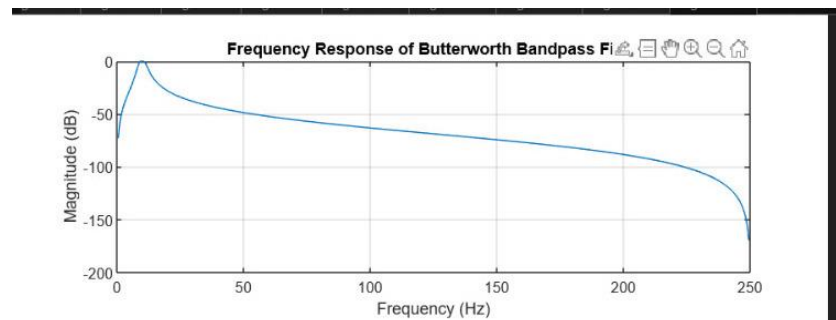
Pada magnitude response, kita mendapatkan hasil grafik sebagai berikut:



(Gambar 14)

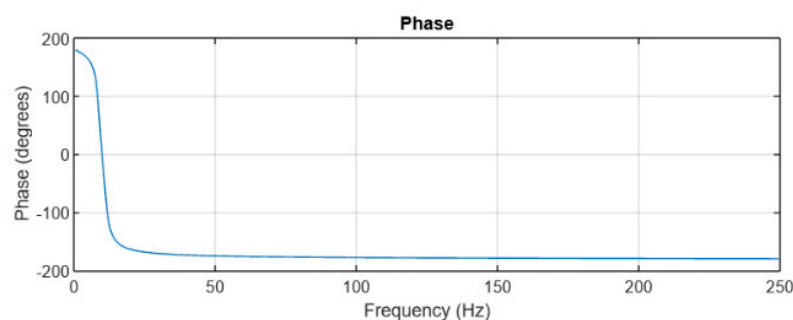
Pada sumbu x, plot akan menampilkan rentang frekuensi yang dianalisis, mulai dari 80Hz ke 0 Hz hingga setengah dari frekuensi sampling ($F_s/2$). Pada sumbu y, plot akan menampilkan magnitudo respons frekuensi dalam satuan desibel (dB). Disini kita mendapatkan rentang frekuensi nya sebesar 250 Hz.

Terakhir, kita menggunakan butterworth analisis untuk membandingkan hasil dari hamming dan hanning filter yang telah kita lakukan sebelumnya. Pada analisis butterworth kita gunakan hasil analisis bandpass yang telah kita lakukan sebelumnya. Dari analisis yang kita lakukan, kita mendapatkan hasil grafik butterworth sebagai berikut:



(Gambar 15)

Lalu, kita sinkronisasikan relasi waktu dengan komponen frekuensi dalam sinyal menggunakan analisis spectrum yang telah kita lakukan sebelumnya menggunakan phase. Dari analisis yang kita lakukan, kita mendapatkan hasil grafik phase sebagai berikut:

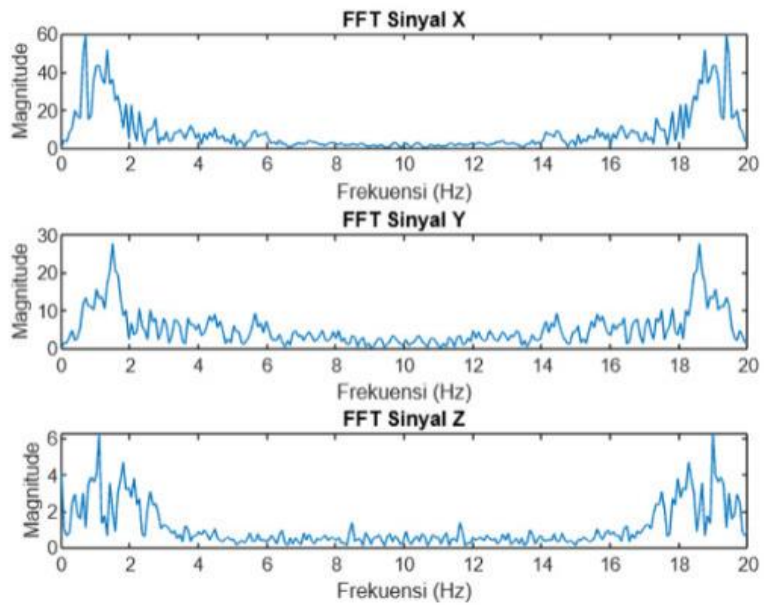


(Gambar 16)

Dari semua analisis yang telah kita lakukan, dapat kita menarik kesimpulan bahwa Hamming window memiliki resolusi frekuensi yang lebih rendah dibandingkan dengan Hanning window.

Hasil Akhir

Hasil analisis fft yang kami lakukan pada bagian pembahasan, kami mendapatkan hasil akhir grafik sebagai berikut:



Daftar Pustaka

Muhammad Ryan. 30 September 2019. *Brief Introduction of Hamming and Hanning Function as The Preprocessing of Discrete Fourier Transform*. URL: <https://towardsdatascience.com/brief-introduction-of-hamming-and-hanning-function-as-the-preprocessing-of-discrete-fourier-8b87fe538bb7>. Diakses tanggal 08 Juni 2023.

Daniel Lai. 2009. *A study on band-pass filtering for calculating foot displacements from accelerometer and gyroscope sensors*. URL: https://www.academia.edu/3248518/A_study_on_band_pass_filtering_for_calculating_foot_displacements_from_accelerometer_and_gyroscope_sensors. Diakses tanggal 09 Juni 2023.

Horward Chen. 07 Oktober 2022. *Gyroscope Vector Magnitude: A proposed measure for accurately measuring angular velocities*. URL: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2022.10.05.22280752v1.full>. Diakses tanggal 10 Juni 2023.

B. Y. Kim. 1984. *Phase-reading, all-fiber-optic gyroscope*. URL: <https://opg.optica.org/ol/abstract.cfm?uri=ol-9-8-378>. Diakses tanggal 10 Juni 2023.

Rui Hua Liu. 22 Desember 2008. *Filtering Algorithm Research on MEMS Gyroscope Data*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4722594> . Diakses tanggal 10 Juni 2023.