

Purwarupa Sistem Pemantau Getaran pada Bangunan Bertingkat Dua Menggunakan Sensor Akselerometer

Indra Rakhmadi^{*1}, Panggih Basuki²

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: ^{*1}indrara12@gmail.com, ²panggih@ugm.ac.id

Abstrak

Getaran merupakan salah satu penyebab gempa bumi dimana terjadi pada kerak bumi sebagai gejala pengiring aktivitas tektonis maupun vulkanis dan terkadang runtuh bagian bumi secara lokal. Bangunan sebagai sasaran utama bagi gempa bumi harus diperhatikan agar tahan terhadap gempa. Seiring berkembangnya teknologi, getaran pada suatu bangunan dapat dipantau untuk memberikan kemudahan dalam pengukuran data lapangan agar menjadi lebih efektif.

Pada penelitian ini, dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem yang dapat memantau getaran dan amplitudo terbesar pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh getaran tersebut. Pembacaan terhadap getaran dilakukan dengan menggunakan dua sensor akselerometer yang ditempatkan pada lantai bangunan, kemudian data percepatan dianalisis dengan Fast Fourier Transform (FFT) untuk mendapatkan nilai amplitudo terbesar dalam domain frekuensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai amplitudo terbesar pada lantai 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo terbesar pada lantai 2. Amplitudo terbesar pada lantai 1 adalah arah $X = 0,817$ cm, arah $Y = 0,481$ cm, dan arah $Z = 1,628$ cm. Amplitudo terbesar pada lantai 2 adalah arah $X = 1,197$ cm, arah $Y = 0,681$, dan arah $Z = 1,961$ cm.

Kata kunci— Pemantauan getaran, bangunan bertingkat dua, sensor akselerometer, Fast Fourier Transform

Abstract

Vibration is one of the causes of earthquakes which occurred in the earth's crust as a symptom of tectonic and volcanic activity accompanist and sometimes ruins the earth part locally. Building as the main target for earthquakes should be considered to be resistant to earthquakes. As the development of technology, a vibration in a building can be monitored to provide ease of field data measurements in order to become more effective.

In this study, designed and implemented a system that can monitor the vibration and the largest amplitude of the structure caused by the vibration. Reading of the vibration sensor was done using two accelerometers placed on the floor of the building, then acceleration data were analyzed with Fast Fourier Transform (FFT) to obtain the largest amplitude value in frequency domain.

The results showed that the largest amplitude values on the 1st floor is smaller than the value of the amplitude of the largest on the floor 2. Greatest amplitude on the 1st floor is the direction of $X = 0,817$ cm, the direction $Y = 0,481$ cm, and the direction of $Z = 1,628$ cm. Greatest amplitude on the 2nd floor is the direction of $X = 1,197$ cm, the direction $Y = 0,681$ and $Z = 1,961$ cm direction.

Keywords— Vibration monitoring, two-floor building, accelerometer sensor, Fast Fourier Transform

1. PENDAHULUAN

Getaran merupakan salah satu penyebab gempa bumi dimana terjadi pada kerak bumi sebagai gejala pengiring aktivitas tektonis maupun vulkanis dan terkadang runtuh bagian bumi secara lokal. Pada umumnya getaran ini dikarenakan pergeseran lempeng pada permukaan bumi sehingga dapat terjadi gelombang gempa bumi. Ada tiga macam gelombang gempa, yaitu gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan gelombang panjang atau permukaan. Gelombang longitudinal umumnya penyebab utama gempa bumi.

Bangunan merupakan salah satu infrastruktur yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Namun infrastruktur ini merupakan sasaran utama bagi bencana alam yang sering terjadi terutama gempa bumi, sehingga dapat menimbulkan kerusakan dengan cara yang tidak terduga. Kondisi seperti ini perlu diperhatikan sehingga kemampuan infrastruktur untuk dipergunakan dengan baik tetap terjaga. Struktur bangunan terutama bangunan bertingkat saat ini harus dirancang tahan terhadap gempa bumi. Hal ini dikarenakan untuk menghindari banyaknya korban dan kerugian besar akibat kerusakan yang timbul oleh gempa bumi.

Seiring berkembangnya teknologi, getaran pada suatu bangunan dapat dipantau untuk memberikan kemudahan dalam pengukuran data lapangan agar menjadi lebih efektif. Proses ini digunakan sebagai pengamatan, perekaman, dan pengevaluasian parameter-parameter yang ada pada struktur bangunan untuk menilai kesehatan dan performanya secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tinjauan Pustaka

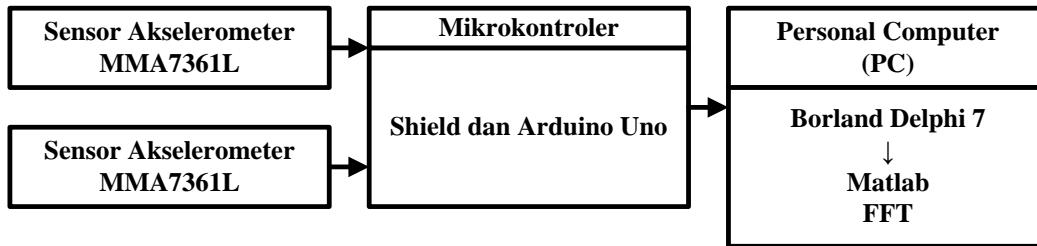
Priatama [1], melakukan penelitian tentang jaringan sensor nirkabel untuk memantau kondisi suatu struktur bangunan, dengan pengamatan terhadap perilakunya berupa getaran. Pembacaan terhadap getaran dilakukan dengan menggunakan sensor getaran (*accelerometer*) yang ditempatkan pada elemen struktur. Sensor ini membaca perilaku getaran pada sumbu x dan y. Kemudian dari data percepatan yang diperoleh diketahui perilaku simpangan yang terjadi pada model struktur bangunan.

Sutantri [2], melakukan penelitian tentang suatu sistem pemantau getaran pada jembatan menggunakan fasilitas SMS (*Short Message Service*) dan akselerometer. Sensor akan mendeteksi perubahan getaran pada suatu jembatan yang selanjutnya diubah sinyalnya dari data komputer ke sinyal TTL (*Transistor Logic*) yang dapat diolah oleh mikrokontroler. Pada program software ini menggunakan *Visual Basic 8.0* sebagai pemantauan dan penampil getaran yang dideteksi oleh sensor. Dan hasil pemantauan getaran pada jembatan ditampilkan pada LCD dan data hasil deteksi sensor dikirim dalam bentuk SMS (*Short Message Service*) dengan modem sebagai *SMS Gateway* apabila getaran melebihi *threshold* yang ditentukan.

Ishak dan Rivai [3], melakukan penelitian tentang analisis proteksi vibrasi pada pompa sentrifugal dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) dan neural network. *Prototipe* pompa sentrifugal dibuat untuk melihat pola vibrasi terhadap jenis-jenis kondisi abnormal. Pembacaan terhadap vibrasi dilakukan dengan sensor. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan FFT sehingga dapat diperoleh amplitudo dan frekuensinya. Melalui penelitian ini, akan dilihat beberapa pola vibrasi yang terjadi pada pompa sentrifugal.

2.2. Rancangan Sistem Secara Keseluruhan

Pada penelitian ini, dibuat sebuah sistem pemantauan getaran pada bangunan bertingkat dua menggunakan sensor akselerometer yang terdiri dari beberapa bagian utama yang sesuai dengan diagram blok pada Gambar 1. Blok diagram sistem ini terdiri dari dua unit sensor akselerometer MMA7361L, *Shield* dan Arduino Uno.

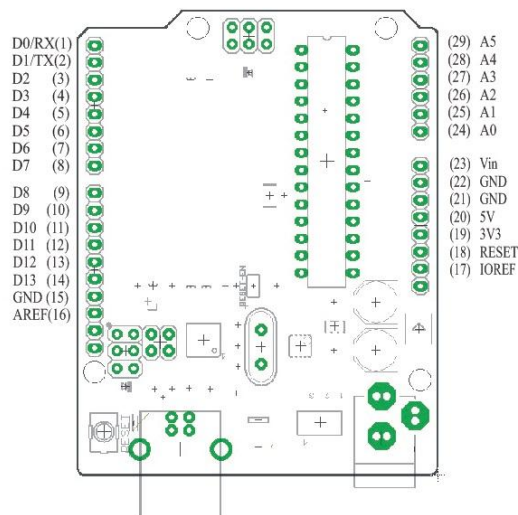


Gambar 1 Blok diagram sistem

Pada Gambar 1 tampak diagram blok bagian elektronik sistem yang terdiri dari :

1. Sensor akselerometer
Sensor berfungsi sebagai pendeteksi getaran.
2. Mikrokontroler
Berfungsi sebagai otak yang mengendalikan *input* masukan dan *output* keluaran.
3. PC
Berfungsi sebagai pemroses data dari mikrokontroler dan menampilkannya ke dalam bentuk grafik.

Sistem mikrokontroler ini digunakan sebagai pengolah data dari sensor. Data dari sensor akan diolah dan dikirim langsung ke *Personal Computer* (PC). Sistem mikrokontroler yang digunakan sistem ini adalah Arduino Uno. Gambar 2 merupakan konfigurasi dari pin Arduino Uno.



Gambar 2 Konfigurasi Pin Arduino Uno

Penggunaan pin Arduino Uno pada Gambar 2 disesuaikan dengan kebutuhan antarmukanya. Keluaran Arduino hanya mengirimkan data serial ke *Personal Computer* (PC). *Input* Arduino adalah dua unit sensor yaitu sensor akselerometer. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi masukan getaran maupun percepatan terdiri dua unit sensor yaitu akselerometer MMA7361L. Sensor dihubungkan ke tegangan 5 volt.

Sensor akselerometer MMA7361L ini diletakkan di luar kotak pengendali, sehingga tempat sensor berbeda dengan pengendali. Keluaran sensor yang terdiri dari tiga keluaran analog tersambung pada pin A0, A1, A2 Arduino Uno untuk sensor yang pertama. Dan untuk keluaran sensor yang kedua tersambung pada pin A3, A4, A5 Arduino Uno. Pada rancangan akselerometer yang dibuat, *Vdd* dihubungkan dengan 5 volt, *g-select* dihubungkan dengan GND, sedangkan *sleep* dihubungkan dengan 3.3 volt. Sensitivitas yang dipakai pada

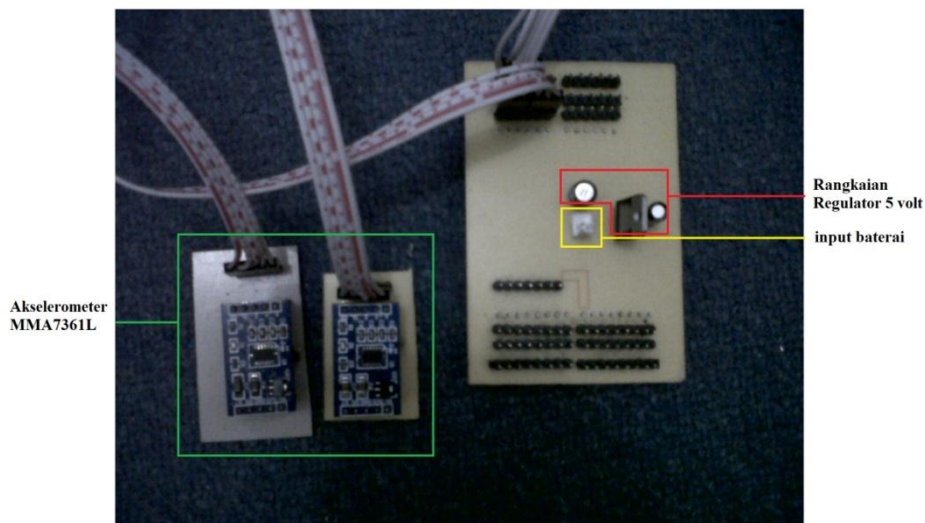
akselerometer ini adalah 1.5 g karena untuk mendeteksi getaran dibutuhkan sensitivitas yang besar.

Pearangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah Matlab versi R2012a. Data percepatan yang disimpan pada PC, kemudian data diambil sebanyak sebanyak 1000 sebagai *sample*. Semua data sumbu X, Y, maupun Z pada tiap lantai bangunan diolah menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan amplitudo dari ranah frekuensi.

Discrete Fourier Transform (DFT) adalah salah satu metode transformasi fourier yang digunakan untuk mendapatkan sinyal dalam domain frekuensi dari sebuah sinyal diskret. DFT dilakukan terhadap masing-masing frame dari sinyal. Namun, yang menjadi persoalan adalah bahwa DFT tersebut memerlukan waktu komputasi yang sangat panjang untuk data yang besar. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik komputasi yang efisien, baik dari sisi waktu maupun dari sisi penggunaan memori. FFT adalah algoritma cepat untuk mengimplementasikan discrete fourier transform (DFT). FFT ini mengubah masing-masing frame N sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi[4].

2.2. Implementasi

Implementasi terbagi menjadi tiga yaitu implementasi *hardware*, *software*, dan pengujian. Implementasi *hardware* ini dibagi menjadi dua bagian yaitu implementasi elektronik dan implementasi pembuatan *casing*. Bagian utama rangkaian elektronik dalam penelitian ini, yaitu rangkaian *shield* Arduinonya. Rancangan yang sudah diimplementasikan tampak pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian *Shield* Arduino

Gambar 3 menunjukkan rangkaian *shield* pengendali Arduino terdiri dari pin untuk menghubungkan antara Arduino Uno, sensor akselerometer MMA7361L, dan baterai. Tegangan induk rangkaian ini diperoleh dari baterai sebesar 11,1 V. Regulator tegangan yang dibuat telah sesuai dengan rancangan, artinya untuk regulator 5V dengan IC 7805 menghasilkan *output* sebesar 5V. Implementasi bagian pengendalinya dibuatkan kotak plastik dengan panjang sebesar 18 cm, lebar 11 cm dan tinggi 6 cm. Beberapa komponen yang dipasang pada bagian ini adalah baterai 11,1 V 1800 mah, dan Arduino Uno. Pada bagian ini hanya terdapat sensor akselerometer MMA7361L saja. Sensor ini dibuatkan kotak plastik dengan panjang 10 cm, lebar 7,5 cm, dan tinggi 4 cm. Sensor diletakkan pada bagian tengah.

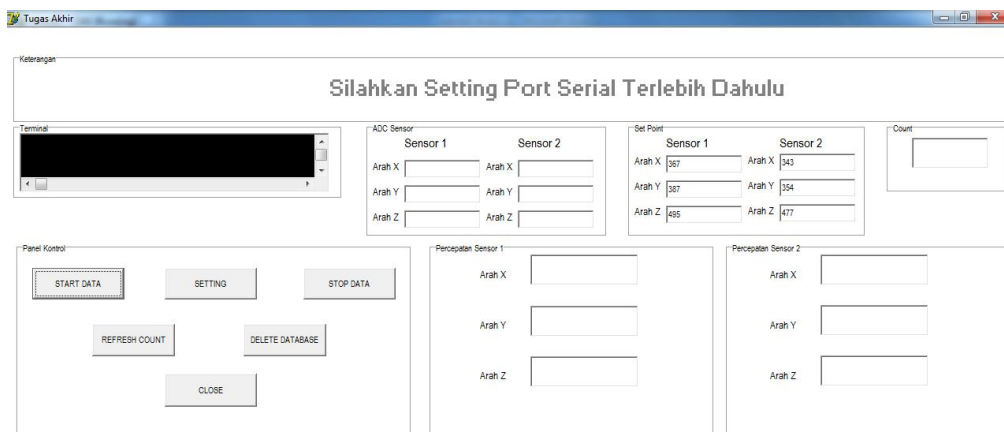
Struktur bangunan yang berukuran panjang 30 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 60 cm digunakan sebagai bangunan pengujian tempat diletakkannya sensor. Gambar 4 menunjukkan foto alat percobaan.



Gambar 4 Foto Alat Percobaan

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa sensor akselerometer diletakkan pada tiap lantai struktur bangunan yang selanjutnya digetarkan dengan *shaking table* yang memiliki beban getaran.

Tampilan pada PC yang terancang menggunakan Delphi 7. Fasilitas tampilan yang disuguhkan antara lain tampilan nilai percepatan, panel pengubah setelan komunikasi data *comport*, panel start data, stop data, delete database, dan refresh count. Implementasi Tampilan pada PC dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Implementasi Tampilan pada PC

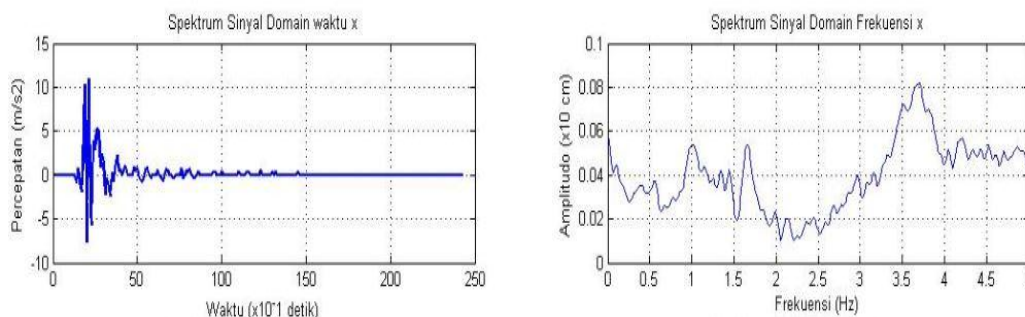
Untuk membuka komunikasi data dari jalur *comport*, digunakan *toolbar*, kemudian data paket yang akan diterima akan diolah masuk menggunakan *toolbar comdatapacket*. Pada *interface* ini tidak menampilkan grafik. Disini ada beberapa tombol pengaturan seperti yang sudah dijelaskan diatas. Beberapa tombol tersebut adalah :*Setting, Start data, Stop data, Delete Database, dan Refresh Count*.

Proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil data getaran struktur bangunan pada tiap lantai yang disimulasikan menggunakan *shaking table* sebagai sumber getarannya yang seolah-olah menyerupai gempa bumi. Pembacaan sensor dilakukan dalam waktu 30 detik dikarenakan keterbatasan alat dan pada kondisi gempa sesungguhnya memang memerlukan waktu hanya beberapa detik. Selanjutnya, data hasil dari pembacaan masing-masing sensor akselerometer yang diakibatkan oleh getaran berupa percepatan dapat digunakan untuk mengetahui perilaku struktur yang mengalami perubahan amplitudo (simpangan terbesar) pada tiap lantai. Data ini didapatkan dari Borland Delphi 7 sebagai penampil data dan penyimpanan data pada *database*.

Data yang didapat selama 30 detik, dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Pada penelitian ini, pengukuran getaran akan menggunakan dua unit sensor akselerometer MMA7361L yang dipasang pada tiap lantai bangunan. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui besarnya perubahan amplitudo (simpangan terbesar). Pada Matlab digunakan frekuensi sampling yang didapat dari banyaknya jumlah data dibagi dengan lamanya waktu pencuplikan sehingga didapat nilai $F_s = 10$ Hz.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *shaking table* sebagai sumber getarannya. Sensor yang diletakkan pada struktur bangunan akan memperoleh input berupa data ADC yang selanjutnya akan dikonversi mikrokontroler pada Arduino Uno. Data yang diperoleh akan ditampilkan pada Borland Delphi 7 sebagai penampil data. Data ini pun disimpan dalam *database* dan dapat dilihat pada Lampiran yang terletak pada halaman terakhir laporan tugas akhir ini.

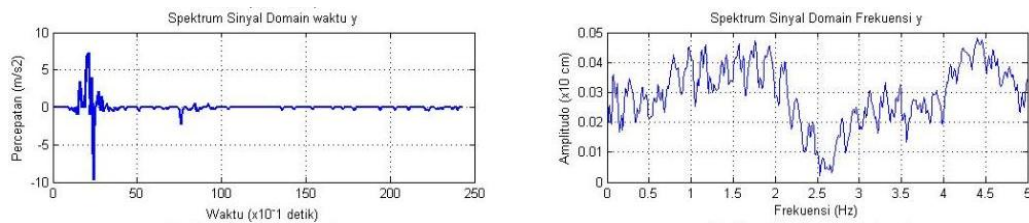
Pada Gambar 6 dapat dilihat percepatan terbesar arah X adalah $10,9642 \text{ m/s}^2$. Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah X. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Perubahan data dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah X Lantai 1

Dari Gambar 6 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 1 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 0,817 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 3,698 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,104 cm pada frekuensi dasar 2,055 Hz

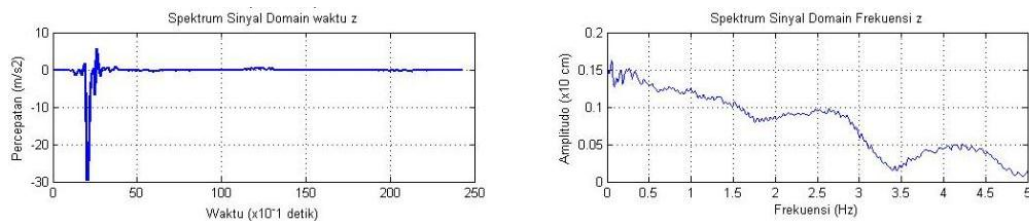
Pada Gambar 7 dapat dilihat percepatan terbesar arah Y adalah $9,6461 \text{ m/s}^2$. Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah Y. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi.



Gambar 7 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah Y Lantai 1

Dari Gambar 7 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah datadialisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 0,5 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 0,481 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 4,403 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,023 cm pada frekuensi dasar 2,543 Hz.

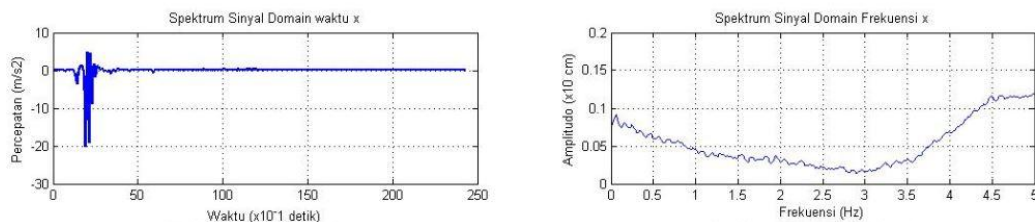
Pada Gambar 8 dapat dilihat percepatan terbesar arah Z adalah 29,5973 m/s². Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah Z. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Perubahan data dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah Z Lantai 1

Dari Gambar 8 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 2 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 1,628 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 0,048 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,071 cm pada frekuensi dasar 4,941 Hz.

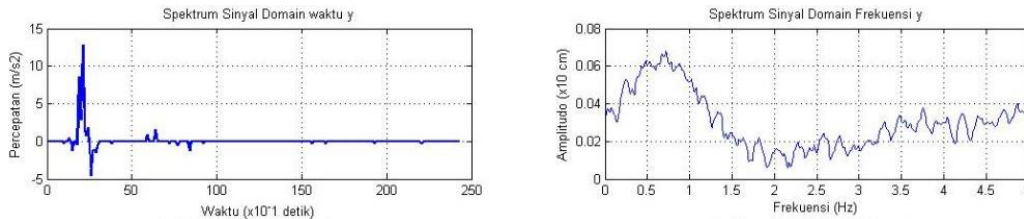
Pada Gambar 9 dapat dilihat percepatan terbesar arah X adalah 20,1909 m/s². Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah X. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Perubahan data dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah X Lantai 2

Dari Gambar 9 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 2 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 1,197 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 4,990 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,141 cm pada frekuensi dasar 2,896 Hz.

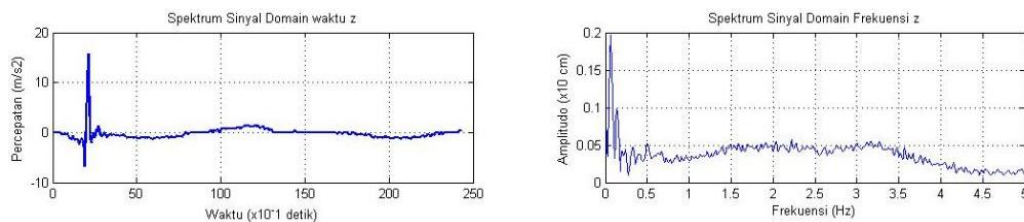
Pada Gambar 10 dapat dilihat percepatan terbesar arah Y adalah $12,7616 \text{ m/s}^2$. Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah Y. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi.



Gambar 10 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah Y Lantai 2

Dari Gambar 10 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 0,8 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 0,681 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 0,724 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,060 cm pada frekuensi dasar 1,908 Hz.

Pada Gambar 11 dapat dilihat percepatan terbesar arah Z adalah $15,7573 \text{ m/s}^2$. Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada Matlab untuk memperoleh amplitudo terbesar arah Z. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Perubahan data dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan) Arah Z Lantai 2

Dari Gambar 11 dapat dilihat perubahan yang terjadi setelah data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Interval amplitudo yang ditampilkan berdasarkan grafik adalah 0 – 2 cm. Hasil analisis ini diperoleh amplitudo (simpangan) terbesar, yaitu 1,961 cm. Frekuensi dasar dari amplitudo terbesar yang diperoleh adalah 0,059 Hz. Amplitudo terkecil adalah 0,079 cm pada frekuensi dasar 5 Hz.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua data percepatan dalam domain waktu pada lantai 1 (sensor 1) diubah dalam domain frekuensi, maka didapatkan nilai amplitudonya. Tabel 1 merupakan data keseluruhan yang diperoleh pada lantai 1 (sensor 1).

Tabel 1 Data pada Lantai 1 (Sensor 1)

Sensor 1	Amplitudo Terbesar (cm)	Frekuensi (Hz)
Arah X	0,817	3,698
Arah Y	0,481	4,403
Arah Z	1,628	0,048

Dari Tabel 1 dapat dilihat amplitudo terbesar dan frekuensinya dari masing-masing arah X, Y, dan Z dari sensor 1.

Setelah semua data percepatan dalam domain waktu pada lantai 2 (sensor 2) diubah dalam domain frekuensi, maka didapatkan nilai amplitudonya. Tabel 2 merupakan data keseluruhan yang diperoleh pada lantai 2 (sensor 2).

Tabel 2 Data pada Lantai 2 (Sensor 2)

Sensor 2	Amplitudo Terbesar (cm)	Frekuensi (Hz)
Arah X	1,197	4,990
Arah Y	0,681	0,724
Arah Z	1,961	0,059

Dari Tabel 2 dapat dilihat amplitudo terbesar dan frekuensinya dari masing-masing arah X, Y, dan Z dari sensor 2.

Tabel 3 merupakan perbandingan nilai amplitudo dan frekuensi pada tiap lantai sesuai arah sensornya sehingga dapat terlihat perbedaan nilai pada masing-masing lantai.

Tabel 3 Data pada Semua Lantai

Arah	Amplitudo Terbesar (cm)		Amplitudo Terbesar (cm)	
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2
X	0,817	1,197	3,698	4,990
Y	0,481	0,681	4,403	0,724
Z	1,628	1,961	0,048	0,059

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai amplitudo terbesar pada lantai 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo pada lantai 2.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap data yang diperoleh, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat purwarupa sistem pemantauan getaran pada bangunan bertingkat dua menggunakan sensor akselerometer.
2. Amplitudo terbesar pada lantai 1 (sensor 1) adalah arah X = 0,817 cm, arah Y = 0,481 cm, dan arah Z = 1,628 cm.
3. Amplitudo terbesar pada lantai 2 (sensor 2) adalah arah X = 1,197 cm, arah Y = 0,681, dan arah Z = 1,961 cm.
4. Nilai amplitudo terbesar pada lantai 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo terbesar pada lantai 2.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Analisis data getaran untuk memperoleh amplitudo (simpangan terbesar) langsung pada Delphi sehingga bisa ditampilkan secara langsung datanya.
2. Komunikasi data dibuat secara *wireless*.
3. Data pembanding diperlukan untuk membandingkan data dari hasil percobaan sehingga mengurangi nilai kesalahan dari alat yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priatama, A. S., 2009, Sistem pemantauan kondisi struktur bangunan menggunakan jaringan sensor nirkabel, *digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-9425-2205100013-Paper.pdf*, diakses tanggal 26 Juli 2013.
- [2] Sutantri, F. A., 2011, Purwarupa Pemantau Getaran pada Jembatan Menggunakan Fasilitas SMS (Short Message Service) dan Accelerometer, <http://dirmawa.ugm.ac.id/wp.../belum-ttd-ss-2010.pdf>, diakses tanggal 1 September 2012.
- [3] Ishak, M., dan Rivai, 2012, Analisis Proteksi Vibrasi pada Pompa Sentrifugal dengan Menggunakan Fast Fourier Transform dan Neural Network, *digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-20098-Paper.pdf*, diakses tanggal 27 Juli 2013
- [4] Adhit, 2010, Pengolahan Sinyal Digital menggunakan Komponen DSP FFT di Delphi 7, <http://adhit8.blogspot.com/2010/04/pengolahan-sinyal-digital-menggunakan.html>, diakses tanggal 28 Juli 2012.