

# RANCANG BANGUN MONITORING GETARAN JEMBATAN RANGKA BAJA SOEKARNO-HATTA MALANG SEBAGAI PENILAIAN KONDISI BANGUNAN ATAS JEMBATAN MELALUI WEB

Choirul Huda<sup>1</sup>, Ahmad Wahyu Purwandi<sup>2</sup>, Hadiwiyatno<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jaringan Telekomunikasi Digital, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang  
Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang, Telp : (0341)-404424 / 404425, Fax : (0341)-40420

## ABSTRAK

Jembatan Soekarno Hatta Malang merupakan sarana umum yang memiliki fungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan yaitu sungai. Pertumbuhan pembangunan dan infrastruktur yang pesat mendorong mobilisasi manusia dan barang dari suatu tempat ketempat lain meningkat. Diharapkan kejadian ambruknya jembatan Kutai Kertanegara yang menelan korban jiwa sebanyak 23 orang dan menyebabkan banyak sekali kerugian dapat dijadikan evaluasi bersama untuk tidak meremehkan dan selalu memonitoring performansi dari suatu jembatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitoring getaran pada bangunan atas jembatan yang berguna untuk membantu dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait untuk mengetahui performansi bangunan atas jembatan sehingga dapat dilakukan penanganan lebih lanjut dari hasil identifikasi yang sudah dilakukan.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa monitoring getaran jembatan melalui web dapat ditampilkan dengan baik nilai dan grafik data akselerasi sumbu X, Y dan Z maupun FFT. Didapat nilai frekuensi alami aktual jembatan Soekarno Hatta Malang sebesar 0,28 Hz dan rata-rata akselerasi sebesar 0,12 mm/sec. Hasil QOS dengan parameter delay rata-rata sebesar 35 ms, packet loss 0%, dan throughput 0,024 Mbit/s pada saat membuka halaman utama webserver.

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian bahwa sensor accelerometer MMA7455 membutuhkan pencatuan 5V dan ground serta output sensor pada pin yang terhubung ke input analog mikrokontroler. Hasil data akselerasi yang terbaca oleh sensor accelerometer MMA7455 dikirimkan oleh mikrokontroler ke database secara terus menerus melalui port SPI ethernet shield yang terhubung ke *wireless* router yang memiliki jaringan internet. Pengukuran getaran dilakukan ditengah bentang jembatan dikarenakan untuk keperluan pengukuran mode minimum, dengan pengukuran pada mode minimum maka dapat diketahui keadaan batas layan suatu jembatan. Dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait dapat melakukan monitoring getaran jembatan pada bangunan atas jembatan secara *real time* melalui *website*.

**Kata Kunci:** *Arduino Uno, Accelerometer MMA7455, Ethernet Shield, Router, FFT, PHP, Web*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan Soekarno Hatta Malang merupakan sarana umum yang memiliki fungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan yaitu sungai. Jembatan Soekarno Hatta menjadi akses yang sangat penting bagi warga untuk beraktivitas. Pertumbuhan pembangunan dan infrastruktur yang pesat mendorong mobilisasi manusia dan barang dari suatu tempat ketempat lain meningkat. Kepadatan lalu lintas dan beban kendaraan yang melebihi kapasitas akan menimbulkan penurunan kualitas kemampuan dan proses kerusakan fisik dari infrastruktur yang tidak dapat dihindari.

Akibat dari pembangunan yang tumbuh pesat, jembatan ini lama kelamaan sering dilalui banyak kendaraan dan bervariasi pula kendaraan yang melewatinya. Dari banyaknya kendaraan yang lewat tersebut terjadilah kemacetan yang terjadi di sepanjang jembatan. Diharapkan kejadian ambruknya jembatan Kutai Kertanegara yang menelan korban jiwa sebanyak 23 orang

dan menyebabkan banyak sekali kerugian dapat dijadikan evaluasi bersama untuk tidak meremehkan dan selalu memonitoring performansi dari suatu jembatan.

Penentuan kondisi jembatan dapat dilakukan dengan cara uji getar pada bangunan atas jembatan. Pengujian getaran ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran tentang data kondisi aktual bangunan atas jembatan yang dapat memberikan kontribusi dimana penanganan jembatan ditetapkan. Selain itu, penentuan kondisi jembatan dapat dilakukan dengan pengamatan secara visual tetapi kondisi untuk menentukan keutuhan harus diuji dan dievaluasi. Pengujian getaran melengkapi pemeriksaan visual dalam menyediakan parameter dinamis tambahan berupa frekuensi getaran. Semakin tinggi tingkat kerusakan jembatan maka semakin besar getaran yang dihasilkan sehingga dapat mengganggu kinerja jembatan. Oleh karena itu dibutuhkan sistem monitoring getaran jembatan sebagai penilaian kondisi bangunan atas jembatan. Sistem monitoring ini diharapkan dapat diakses secara *real-time* melalui *website* oleh dinas perhubungan, dinas pekerjaan umum maupun

kontraktor yang menangani soal jembatan sehingga dapat dilakukan penanganan lebih lanjut dari suatu jembatan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanamembuat sistem monitoring getaran pada bangunan atas jembatan untuk dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait?
2. Bagaimana memposisikan sensor pada bangunan atas jembatan hingga hasil dari respon sensor dirubah ke dalam domain frekuensi?
3. Bagaimana menampilkan hasil dari konversi berupa frekuensi ke dalam *website* agar dapat diakses dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitoring getaran pada bangunan atas jembatan yang berguna untuk membantu dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait untuk mengetahui performansi bangunan atas jembatan sehingga dapat dilakukan penanganan lebih lanjut dari hasil identifikasi yang sudah dilakukan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dasar Teori

Pada sub bab ini akan dibahas tentang berbagai teori yang dibutuhkan untuk penelitian. Teori yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian yang merujuk pada rumusan masalah, sesuai dengan rumusan masalah nomor satu maka teori yang dibutuhkan adalah mikrokontroler Arduino dan sensor *accelerometer*, untuk nomor dua dibutuhkan teori tentang jembatan rangka baja, bangunan atas jembatan dan *Fast Fourier Transform* (FFT), untuk nomor tiga dibutuhkan teori tentang *ethernet shield*, *wireless router*, hosting, *MySQL* dan PHP (Personal Home Page).

#### 2.2.1 Jembatan Rangka Baja

Jembatan yang merupakan bagian dari jalan sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan nasional di masa yang akan datang. Oleh sebab itu perencanaan, pembangunan dan rehabilitasi perlu diperhatikan sehingga dapat mencapai sasaran umur jembatan yang direncanakan.

#### 2.2.2 Bangunan Atas Jembatan

Elemen-elemen struktural pada bangunan atas jembatan dapat ditunjukkan dalam tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Elemen-elemen struktural pada bangunan atas jembatan**

Bangunan Atas	Sistem Gelagar: Beton bertulang Beton prategang Baja komposit	Galagar induk Gelagar melintang Diafragma (beton) Sambungan gelagar Pelat pengaku Pelat penguat
---------------	--	--

		Diafragma horizontal Diafragma vertikal
	Rangka	Batang tepi atas Batang tepi bawah Batang diagonal Ikatan angin atas Ikatan angin bawah Baut/Las/Paku keling

#### 2.1.2 Sensor Accelerometer

Sensor *accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur percepatan pada tiga sumbu pengukuran, yaitu terhadap sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Menurut data sheet MMA7455, tegangan keluaran sensor accelerometer (mV/g) menunjukkan percepatan dari benda yang melekat padanya, dengan g adalah gravitasi bumi..

#### 2.1.3 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino adalah sebuah mikrokontrolersingle-board yang bersifat *open-source*. Arduino memiliki 14 pin pada satu sisi papan ditandai pin digital yang diberi nomor dari 0 sampai 13. Dari jumlah tersebut, dua digunakan untuk komunikasi serial melalui USB untuk pemrograman, *debugging*, dan bentuk komunikasi lainnya. pin nomor 0 dan 1, dan ditandai masing-masing RX <- dan TX ->. Apa pun yang terhubung ke pin ini mungkin mempengaruhi atau dipengaruhi oleh komunikasi serial. Pin 13 memiliki resistor dan LED (ditandai L) yang terhubung pada papan sehingga dapat digunakan untuk pengujian, diagnosa, dan bentuk lain dari indikator lampu yang berkedip. Enam dari pin digital juga dapat bertindak sebagai output analog menggunakan modulasi lebar pulsa (PWM). Pin digital diantaranya adalah pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 pada Arduino Uno dan ditandai di papan antarmuka dengan simbol tilde (~). Di sisi lain papan enam tambahan pin I / O disebut sebagai input analog, dengan penomoran A0 sampai A5. pin ini terhubung ke analog mikrokontroler untuk konverter digital (ADC) untuk menafsirkan sinyal analog yang masuk, meskipun mereka juga dapat digunakan sebagai input digital tambahan dan output. Setiap I / O pin beroperasi pada kisaran 0-5 VDC, atau volt arus searah.(Brian, 2011:62)

#### 2.1.4 Ethernet Shield

Brian (2011:167) menjelaskan bahwa *Ethernet Shield* dirancang berdasarkan pada *Wiznet W5100 ethernet chip*. *Wiznet W5100* menyediakan network (IP) baik untuk TCP maupun UDP, yang mendukung hingga empat socket secara simultan. Untuk menggunakannya membutuhkan library Ethernet dan SPI. *Ethernet Shield* menggunakan standard RJ-45, dengan *integrated line transformer* dan juga *Power over Ethernet*. Terdapat sebuah *onboardmicro-SD card slot*, yang dapat digunakan untuk menyimpan berkas. *Module Ethernet Shield* ini *compatible* dengan board Arduino Uno dan Mega.

#### 2.1.5 Wireless Router

Router adalah alat jaringan yang mengarahkan aliran lalu lintas jaringan. Jika router diposisikan antara internet dan jaringan internal, router tersebut dapat berlaku sebagai firewall. Untuk masing-masing transmisi, router mengakses tabel-tabelnya dan memungkinkan hanya beberapa jenis pesan dari beberapa lokasi internet (Alamat IP) untuk lewat. Alamat IP (*Ip Adress*) adalah serangkaian empat angka (masing-masing dari 0 sampai 255) yang secara unik mengidentifikasi masing-masing komputer yang terhubung dengan internet. (Raymond, 2008:282)

### 2.1.6 Hosting

Hosting adalah suatu *space* atau tempat di internet yang kita gunakan untuk menyimpan data-data situs. Setiap situs yang kita online-kan sehingga banyak orang yang mengaksesnya, harus disimpan pada suatu host. *Hosting* juga disebut penyewaan tempat untuk menampung data-data yang diperlukan oleh sebuah website dan sehingga dapat diakses lewat internet. Data disini dapat berupa file, gambar, email, aplikasi/*script* dan database

### 2.1.7 My SQL

*MySQL* adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL (bahasa Inggris: database management system) atau DBMS yang *multithread*, *multi-user*, dengan sekitar 6 juta instalasi di seluruh dunia. *MySQL AB* membuat *MySQL* tersedia sebagai perangkat lunak gratis dibawah lisensi GNU *General Public License* (GPL), tetapi mereka juga menjual dibawah lisensi komersial untuk kasus-kasus dimana penggunaannya tidak cocok dengan penggunaan GPL.

### 2.1.8 PHP (*Personal Home Page*)

PHP adalah salah satu bahasa *scripting* yang paling umum digunakan untuk aplikasi yang dijalankan pada server web (*server-side script*). *Script* sisi server adalah program yang memungkinkan untuk melakukan lebih dengan server web dari halaman hanya servisnya tetap teks atau HTML dan untuk mengakses database melalui *browser*, menyimpan data dari sesi web ke file teks, mengirim surat dari *browser*, dan banyak lagi. (Tom, 2011:15)

### 2.1.9 Fast Fourier Transform (FFT).

*Transformasi fourier* adalah suatu metode yang sangat efisien untuk menyelesaikan transformasi fourier diskrit yang banyak dipakai untuk keperluan analisa sinyal seperti pemfilteran, analisa korelasi, dan analisa spektrum. *Discrete Fourier Transformasi* (DFT) adalah deretan yang terdefinisi pada kawasan frekuensi – diskrit yang merepresentasikan Transformasi Fourier terhadap suatu deretan terhingga (*Finite Duration Sequence*). DFT berperan penting untuk implementasi algoritma suatu varitas pengolahan sinyal, karena efisien untuk komputasi berbagai aplikasi. *Fast Fourier Transformation* atau transformasi fourier cepat, merupakan proses lanjutan dari DFT. Transformasi Fourier ini dilakukan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain

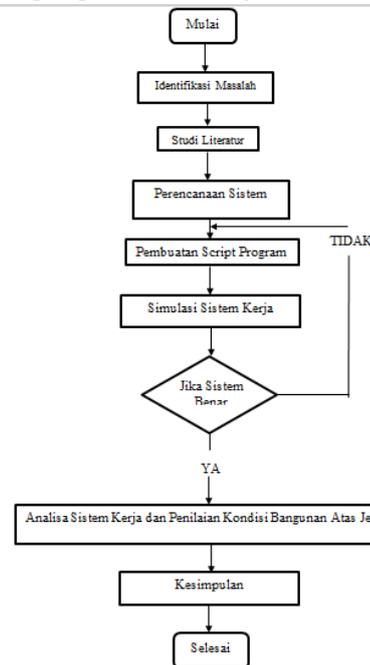
frekuensi. Hal ini bertujuan agar sinyal dapat diproses dalam spektral substraksi

## III. PERENCANAAN

Pada Bab ini akan membahas tentang keseluruhan sistem yang digunakan sesuai dengan rumusan masalah nomor satu maka akan dijelaskan bagaimana pembuatan sistem monitoring getaran bangunan atas jembatan melalui blok diagram. Rumusan masalah nomor dua akan dijelaskan bagaimana perencanaan uji getaran pada bangunan atas jembatan. Dan sesuai dengan rumusan masalah nomor 3 yaitu akan dijelaskan perencanaan software berupa *flowchart* dan desain tampilan *website*..

### 3.1 Tahapan Penelitian

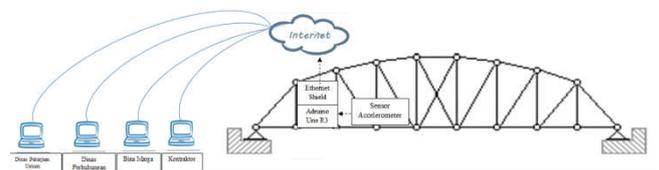
Tahapan penelitian ditunjukkan dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 Flowchart Perencanaan Sistem

### 3.2 Perencanaan Sistem

Perancangan sistem ditunjukkan dalam gambar 3.2.



Gambar 3.2 Perencanaan Sistem.

Keterangan gambar 3.2 adalah

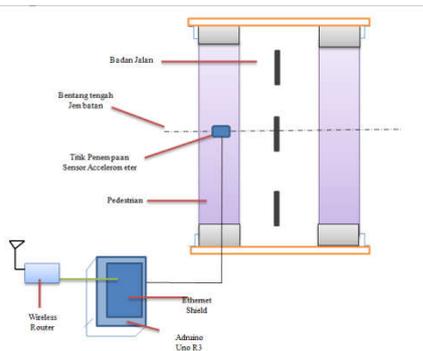
- Sensor *accelerometer* ditempatkan di pedestrian jembatan. Kendaraan yang melintasi jembatan akan menimbulkan suatu getaran yang kemudian akan direspon oleh sensor *accelerometer* MMA7455.
- Hasil respon dari sensor *accelerometer* MMA7455 kemudian akan diolah oleh Arduino Uno yang mengubah data analog menjadi data digital. Kemudian

untuk terhubung ke internet arduino membutuhkan *shield network* yaitu Ethernet Shield.

- Data dari hasil respon sensor *accelerometer* kemudian di analisa menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) agar dapat dirubah ke domain frekuensi. Selanjutnya hasil analisa dapat ditampilkan melalui web secara *real time*.

### 3.2.1 Perencanaan Uji Getaran pada Bangunan Atas Jembatan

Perencanaan uji getaran pada penelitian ini bersumber pada buku pedoman “Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan” dan uji getaran yang dilakukan menggunakan cara uji getaran lingkungan/amblem *vibration/mivro* termor sesuai teori pada bab 2 ditunjukkan dalam gambar 3.3.



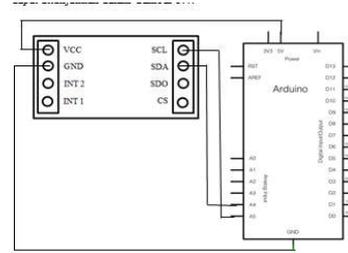
Gambar 3.3 Perencanaan Uji Getar Bangunan Atas Jembatan

Pengujian getaran pada bangunan jembatan bertujuan untuk mendapatkan frekuensi alami aktual dari getaran yang dihasilkan oleh kendaraan yang melintasi suatu jembatan. Cara pengujian getaran bangunan atas jembatan adalah sebagai berikut:

1. Siapkan sensor yang digunakan untuk mendapatkan getaran dari segala arah.
2. Tempatkan sensor pada tengah bentang jembatan ataupun diatas gelagar.
3. Beban penggetar dengan memanfaatkan kendaraan yang melintasi jembatan.
4. Tempatkan Aduino Uno, Ethernet Shield dan Wireles Router pada tempat yang aman dan bebas dari gangguan.
5. Lakukan pencatatan getaran.

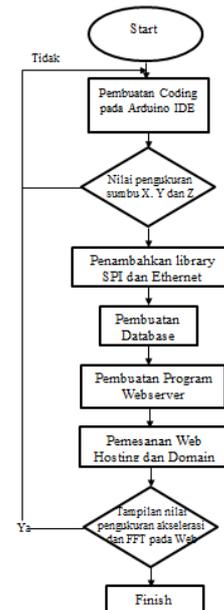
### 3.3 Perencanaan Hardware

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum dari sistem yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah nomor satu. Gambar hubungan antara sensor *accelerometer* dengan mikrokontroller Arduino Uno dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hubungan Antara Sensor Accelerometer Dengan Mikrokontroller Arduino Uno

### 3.4 Perencanaan Software



Gambar 3.5 Flowchart Perencanaan Software

## IV. IMPLEMENTASI

Pada sub bab ini akan dijelaskan bagaimana kebutuhan dari sistem diimplementasikan. Sesuai dengan perencanaan sebelumnya bahwa sistem monitoring getaran pada bangunan atas jembatan ditujukan untuk dinas maupun Unit Pelaksana teknis (UPT) yang terkait agar dapat akses secara *real-time* melalui web. Pembuatan sistem monitoring getaran akan dijelaskan pada sub bab ini sesuai dengan rumusan masalah nomor satu meliputi pembuatan hardware dan software.

### 4.1 Implementasi Hardware



Gambar 4.1 Tampilan Hardware dari Perancangan

Berdasarkan gambar perancangan hardware diatas, perancangan tersebut dilakukan agar sensor *accelerometer* dan mikrokontroler Arduino Uno dapat terhubung dengan baik. Sehingga output perpindahan sumbu X, Y dan Z dari vibrasi yang dihasilkan untuk selanjutnya dapat dilakukan tahapan pemrograman pada arduino IDE. Berikut merupakan penjelasan dari pin yang terhubung antara sensor *accelerometer* MMA 7455 dengan arduino Uno:

1. Pin VCC pada *accelerometer* MMA7455 terhubung dengan pin 3v3 pada Arduino Uno. Pin ini berfungsi sebagai tempat *power supply*.
2. Pin Ground (GND) pada *accelerometer* MMA 7455 terhubung dengan pin GND pada Arduino Uno. Pin ini berfungsi sebagai tempat *ground*.
3. Pin SDA pada *accelerometer* MMA 7455 terhubung dengan pin A4 pada Arduino Uno. Pin ini berfungsi sebagai serial data input pada komunikasi I2C.
4. Pin SCL pada *accelerometer* MMA 7455 terhubung dengan pin A5 pada Arduino Uno. Pin ini berfungsi sebagai *clock* pada komunikasi data I2C.

#### 4.2 Pembuatan Program pada Arduino IDE

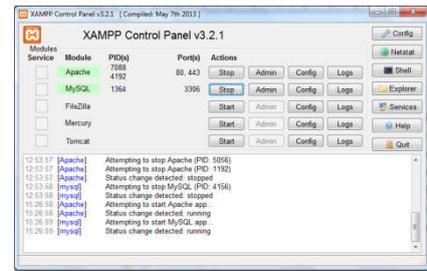


Gambar 4.2 Tampilan *starting Software Arduino IDE*

Program yang dibuat pada *software* Arduino IDE digunakan untuk memuat perintah yang akan dijalankan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Selanjutnya program yang dibuat dapat mengatur komunikasi antara Arduino Uno dengan sensor *accelerometer* MMA7455. Program yang dibuat ini mikrokontroler akan membaca data akselerasi terhadap sumbu X, Y dan Z dari pengukuran hasil respon dari sensor *accelerometer* MMA 7455 dan selanjutnya data akselerasi tersebut dapat ditampilkan di Laptop.

#### 4.3 Pembuatan Database

Pembuatan tabel *database* pada *table* sensor merupakan perancangan tabel untuk penyimpanan data-data informasi hasil akselerasi dari respon sensor. *Database* yang dibuat digunakan untuk penyimpanan data akselerasi masing-masing sumbu X, Y dan Z, nilai akselerasi keseluruhan dan hasil analisa FFT. Sebelum database diupload ke web hosting diperlukan server lokal terlebih dahulu menggunakan XAMPP, dimana XAMPP terdapat Apache sebagai server PHP dan MySQL sebagai database.



Gambar 4.3 *Jendela XAMPP Control Panel*

#### 4.4 Pembuatan Desain dan Coding Web

Pada perancangan pembuatan desain dan *coding* web monitoring getaran jembatan Soekarno Hatta Malang menggunakan *software* Macromedia Dreamweaver.



Gambar 4.4 *Tampilan Starting Macromedia Dreamweaver*

#### 4.5 Pembuatan Coding FFT dengan Bahasa PHP

Pada *software* Macromedia Dreamweaver mendukung *code editor* untuk pembuatan script dari webserver, diantaranya mendukung pembuatan *coding* program *webserver* dengan bahasa PHP, HTML, CSS dan Java Script. Gambar 4.29 merupakan tampilan awal *software* Macromedia Dreamweaver dimana kita dapat memilih *code editor* sesuai yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini.



Gambar 4.5 *Tampilan Awal Macromedia Dreamweaver*

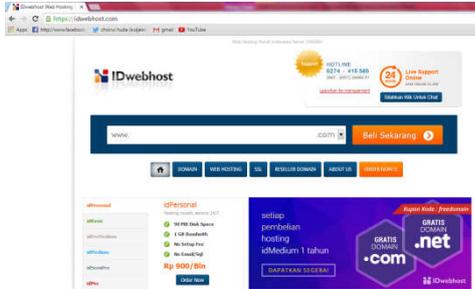
Pada penelitian ini pembuatan *coding* FFT menggunakan bahasa PHP. *Output* dari respon sensor *accelerometer* berupa akselerasi sumbu X, Y dan Z diharapkan dapat dianalisa menggunakan FFT agar data dapat dikonversi ke dalam domain frekuensi.

#### 4.6 Pengaturan Web Hosting dan Domain

Pemesanan *web hosting* dan domain digunakan untuk mempermudah pengguna seperti dinas pekerjaan

umum, dinas perhubungan, UPT bina marga dan kontraktor yang menangani jembatan Soekarno Hatta Malang untuk mengakses data informasi akselerasi dari output sensor *accelerometer* MMA7455 dan nilai frekuensi aktual teoritis dari hasil analisis FFT ke jaringan internet.

Hosting merupakan sebuah space atau ruang yang digunakan untuk menyimpan file HTML, file PHP, maupun data hasil akselerasi dan nilai frekuensi alami aktual jembatan Soekarno Hatta Malang.



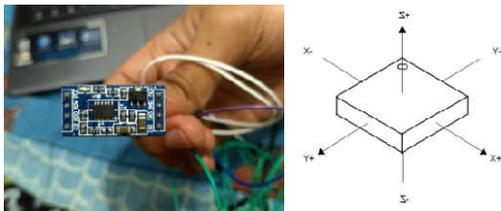
Gambar 4.6 Halaman Awal Pemesanan Web Hosting

## V. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab V menjelaskan pengujian kinerja sistem serta pembahasannya. Adapun tujuan pengujian sistem adalah untuk mengetahui sistem yang dirancang dapat berfungsi dan bekerja sesuai dengan perencanaan.

### 5.1 Pengujian Sensor Accelerometer MMA7455

Pengujian dilakukan dengan menggerakkan sensor ke arah kiri, kanan, mendekat, menjauh, atas dan bawah. Pengujian dilakukan untuk mengecek kesesuaian gambar yang tertera di sensor apakah sesuai dengan respon akselerasi terhadap sumbu X, Y dan Z. Gambar dibawah menjelaskan respon akselerasi sensor *accelerometer*:



Gambar 5.1 Pengujian Sensor Accelerometer MMA7455

Ket:

- X<sup>+</sup> = Kanan
- X<sup>-</sup> = Kiri
- Y<sup>+</sup> = Menjauh
- Y<sup>-</sup> = Mendekat
- Z<sup>+</sup> = Atas
- Z<sup>-</sup> = Bawah

Tabel 5.1 Pengujian Respon Akselerasi Sensor Accelerometer MMA7455

Pergerakan	Respon Akselerasi		
	X	Y	Z
Kanan	66	-28	5
Kiri	-65	6	12

Menjauh	25	47	25
Mendekat	-2	-53	65
Atas	-1	-33	75
Bawah	3	-17	-33

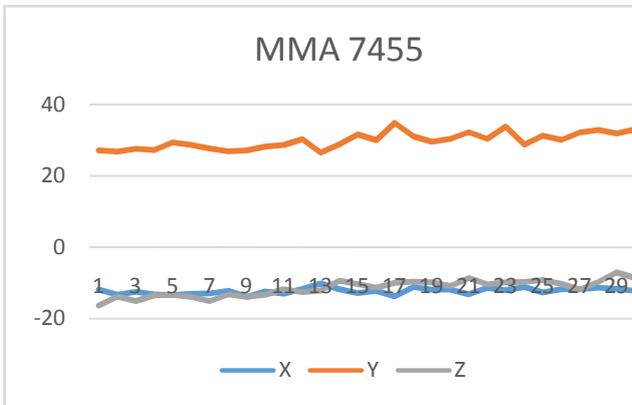
Dari pengujian respon sensor yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa pergerakan sensor ke arah tertentu dapat menghasilkan nilai akselerasi yang mendominasi. Sebagai contoh apabila pergerakan sensor diarahkan ke kanan maka nilai akselerasi sumbu X akan mendominasi. Kombinasi pergerakan yang dilakukan dapat pula menghasilkan nilai akselerasi 2 sumbu yang mendominasi, contoh kombinasi pergerakan sensor ke arah atas dan mendekat akan menghasilkan nilai akselerasi sumbu Y dan Z yang mendominasi.

Setelah melakukan pengujian respon akselerasi berikutnya dilakukan pengujian dengan menggerakkan sensor kesegala arah dalam beberapa detik. Sumbu X merupakan nilai akselerasi untuk pergerakan sensor ke arah kiri maupun kanan, Sumbu Y merupakan nilai akselerasi untuk pergerakan sensor ke arah menjauh dan mendekat dan sumbu Z merupakan nilai akselerasi untuk pergerakan sensor ke arah atas dan bawah. Hasil respon nilai akselerasi sensor dapat ditunjukkan dalam tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengujian Respon Sensor Accelerometer

No	X	Y	Z
1	-11.77	27.06	33.82
2	-13.25	26.78	34.04
3	-12.4	27.52	33.2
4	-13.12	27.21	33.74
5	-13.37	29.39	34.99
6	-13.01	28.62	34.16
7	-12.92	27.63	33.52
8	-12.13	26.83	33.07
9	-13.87	27.13	33.2
10	-12.36	28.22	33.78
11	-12.96	28.62	34.11
12	-11.66	30.25	34.48
13	-10.11	26.47	30.99
14	-11.75	28.8	33.37
15	-12.81	31.56	35.33
16	-12.17	29.96	33.95
17	-13.72	34.83	39.11
18	-11.09	31.09	34.5
19	-11.81	29.56	33.25
20	-11.8	30.3	33.96
21	-13.17	32.18	36.42
22	-11.4	30.31	33.52
23	-11.98	33.73	37.29
24	-11.07	28.72	32.31

25	-12.66	31.2	35.05
26	-11.69	30.07	33.55
27	-11.75	32.16	35.73
28	-11.23	32.88	36.72
29	-11.59	31.85	35.25
30	-12.13	33.01	35.87



**Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian Sensor Accelerometer MMA7455**

Hasil grafik diatas menunjukkan hubungan nilai akselerasi dari respon sensor dengan jumlah data hasil respon sensor.

### 5.2 Pengujian Website dan Database

Pengujian website dan database berfungsi untuk mengetahui apakah data yang dibaca oleh sensor *accelerometer* MMA7455 bisa terkirim ke database dan bisa ditampilkan melalui website atau tidak.

Tanggal.	X	Y	Z	FFT
2016-05-02 05:43:02	-21.48	34.20	0.70	40
2016-05-02 05:42:05	-22.22	36.47	1.27	42
2016-05-02 05:41:00	-20.27	33.48	0.34	39
2016-05-02 05:40:14	-22.20	35.91	1.92	42

**Gambar 5.3 Data Masuk ke Database dan Ditampilkan di Website**

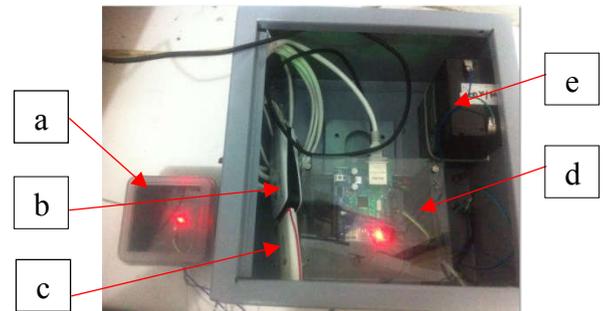
Hasil pengujian pada sistem web monitoring ini dapat kita lihat bahwa hasil tampilan nilai akselerasi yang masuk pada databasedapat ditampilkan pada *website* dalam data akselerasi sumbu X, Y dan Z. Data yang ditampilkan merupakan data realtime dari pembacaan nilai akselerasi oleh sensor *accelerometer* MMA7455. Data tersebut akan terus menerus ditampilkan oleh website sesuai dengan apa yang dibaca oleh sensor *accelerometer* MMA7455.

### 5.3 Pengujian Seluruh Sistem

Latar belakang dibuatnya system ini adalah untuk membantu dinas pekerjaan umum, dinas perhubungan maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) Bina Marga dalam memonitoring getaran jembatan Soekarno Hatta Malang. Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk dapat

mengetahui sejauh mana sebuah sistem dapat diimplementasikan. Berikut merupakan pengujian keseluruhan monitoring getaran jembatan Soekarno Hatta Malang:

1. Melakukan persiapan dari perencanaan hardware yang sudah dirancang



**Gambar 5.4 Perencanaan Hardware**

Keterangan:

- a. Box + sensor Accelerometer MMA7455
- b. Wireless Router 3G
- c. Modem
- d. Arduino+Ethernet Shield
- e. Baterai 6V

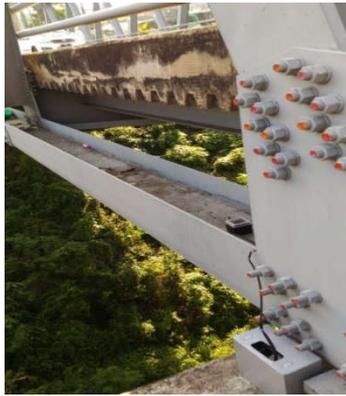


**Gambar 5.5 Kondisi Lalu Lintas Jembatan Soekarno Hatta Malang**

2. Melakukan pemasangan mikrokontroler pada lantai di bentang tengah jembatan dan menempatkan sensor pada gelagar jembatan.



**Gambar 5.6 Implementasi Perancangan Pengujian Getaran**

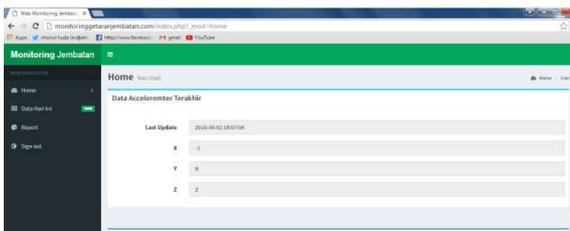


Gambar 5.7 Pemasangan Panel Box dan Sensor

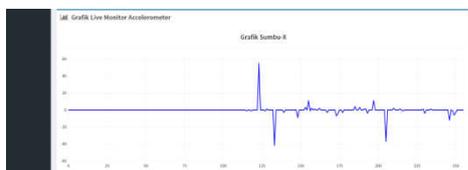
Pemasangan sensor pada tengah jembatan bertujuan untuk keperluan pengukuran minimal dari uji getaran. Pengukuran minimal dilakukan untuk mengetahui keadaan batas layan jembatan Soekarno Hatta Malang. Hal ini dilakukan karena moda tinggi tidak muncul bila titik pengukuran jatuh bersamaan dengan titik simpul dari bentuk perubahan. Diharapkan mode pengukuran minimal yang dilakukan dapat mengetahui keadaan batas layan jembatan Soekarno Hatta Malang.

3. Memonitoring getaran jembatan melalui jaringan internet Wireless Router 3G dan mikrokontroler yang sudah dalam keadaan ON, otomatis data akselerasi dapat langsung dikirim ke jaringan internet. Data berupa respon akselerasi sumbu X, Y dan Z maupun data FFT terhadap getaran jembatan Soekarno Hatta Malang dapat diakses melalui [www.monitoringgetaranjembatan.com](http://www.monitoringgetaranjembatan.com).

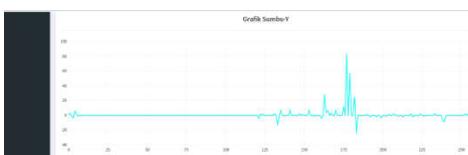
• Menu Home



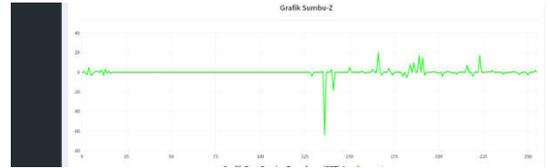
Gambar 5.8 Data Respon Akselerasi



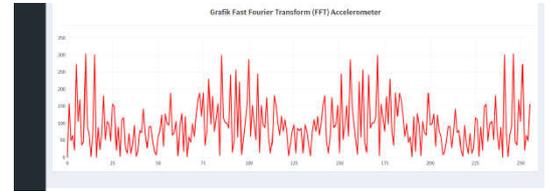
Gambar 5.9 Data Grafik Akselerasi Sumbu X



Gambar 5.10 Data Grafik Akselerasi Sumbu Y



Gambar 5.11 Data Grafik Akselerasi Sumbu Z



Gambar 5.12 Data Grafik Fast Fourier Transform

Pada menu home akan ditampilkan secara real time data akselerasi terhadap sumbu X, Y dan Z. Data akselerasi berupa nilai dan grafik yang sudah terkalibrasi menjadi ke skala yang real. Pada menu ini juga terdapat data grafik *Fast Fourier Transform*. Dimana data awal berupa fungsi domain waktu diubah ke domain frekuensi. Dimana data yang dihasilkan setelah dianalisis menggunakan FFT menjadi murni dirubah ke domain frekuensi yang memiliki nilai absolute dan mereduksi noise maupun data yang tidak diperlukan.

• Menu Data Hari Ini

Data akselerasi dan FFT dibawah ini diambil pada tanggal 31 Agustus 2016 dan dilakukan pengukuran getaran di jembatan Soekarno Hatta Malang. Pengukuran dilakukan dari pukul 08.21 sampai 08:55 WIB.



Gambar 5.13 Menu Data Hari Ini

• Menu Report

Menu report berisikan data akselerasi sumbu X, Y dan Z maupun data dan grafik FFT yang sudah tersimpan pada database.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor getaran menggunakan sensor *accelerometer* MMA7455 membutuhkan pencatutan 5V dan ground serta output sensor pada pin yang terhubung ke input analog mikrokontroler.
2. Hasil data akselerasi yang terbaca oleh sensor *accelerometer* MMA7455 dikirimkan oleh mikrokontroler ke database secara terus menerus melalui port SPI ethernet shield yang terhubung ke *wireless router* yang memiliki jaringan internet.
3. Pengukuran getaran dilakukan ditengah bentang jembatan dikarenakan untuk keperluan pengukuran mode minimum, dengan pengukuran pada mode minimum maka dapat diketahui keadaan batas layan suatu jembatan. Didapatkan nilai frekuensi alami aktual jembatan Soekarno Hatta Malang sebesar 0,28 Hz dan rata-rata akselerasi sebesar 0,12 mm/sec.
4. Dinas maupun Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang terkait dapat melakukan monitoring getaran jembatan pada bangunan atas jembatan secara *real time* melalui *website* dengan analisa *Fast Fourier Transform* yang merupakan data nilai frekuensi alami aktual suatu jembatan

### 6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dalam skripsi ini diambil saran sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan selanjutnya, selain getaran dapat menambahkan parameter untuk penilaian suatu jembatan yaitu lendutan dan fatik.
2. Hasil penilaian klasifikasi kondisi jembatan dapat langsung ditampilkan pada website sebagai informasi data bagi masyarakat

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 1993. Bridge Management System Panduan Pemeriksaan Jembatan: Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [2] Anonim, 2002. Penilaian Kondisi Bangunan Atas Dengan Cara Uji Getar: Jakarta. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah..
- [3] Anonim, 2009. Panduan Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- [4] Anonim, 2009. Panduan Rehabilitasi Jembatan: Jakarta. Kementrian Pekerjaan Umum.
- [5] Arief Ramadhan, 2007. Student Guide Series : Macromedia Dreamweaver 8. Elex Media Komutindo. Jakarta.
- [6] Brian Evans, 2011. Beginning Arduino Programming. Technolgy In Action. United States of America.
- [7] Djoko Murjanto, 2011. Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan: Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [8] Irman Supriadi Adistya, "Pengembangan Sistem Monitoring Vibrasi Pada Kipas Pendingin Menggunakan Accelerometer ADXL345 Dengan Metode FFT Berbasis Labview" Fakultas Sains dan Teknologi UIN Jakarta, Jakarta, 2014.
- [9] Prativi Nugraheni Hanggarsari, "Simulasi Sistem Pengacakan Sinyal Suara Secara Realtime Berbasis Fast Fourier Transform (FFT)" Jurusan Teknik Elektro UNILA, Lampung, 2012.
- [10] Raymond McLeod, Jr. 2008. Sistem Informasi Manajemen. Salemba Empat. New Jersey.
- [11] Richard G.Lyons, 2001. Understanding Digital Signal Processing. Prentice Hail PTR. Canada.
- [12] Sarjono Anwar Ardhi, "Analisis Kemampuan Layan Jembatan Rangka Baja Soekarno – Hatta Malang Ditinjau Dari Aspek Getaran, Lendutan dan Usia Fatik" Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [13] Tiphon, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) General aspects of Quality of Service (QoS)", DTR/TIPHON-05006 (cb0010cs.PDF).1999.
- [14] Tom Igoe, 2011. Making Things Talk: Using Sensors, Network, and Arduino To See Hear, and Feel The World. O'Reilly Media, Inc. Canada.
- [15] Ungguh Udianto, Panggih Basuki dan Suparwoto, "Purwarupa Sistem Pemantau Getaran Jembatan Menggunakan Sensor Accelerometer" Prodi Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM. 2013.