

Implementasi *Wireless Sensor Network* pada Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Sensor *Accelerometer MMA7361*

Era Imanningtyas¹, Sabriansyah Rizqika Akbar², Dahnia Syauqy³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹era.siskom12@gmail.com, ² sabrian@ub.ac.id, ³dahnial87@ub.ac.id

Abstrak

Bangunan adalah salah satu sarana dan prasarana yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Oleh sebab itu, ketika suatu bangunan mengalami kerusakan entah itu disebabkan oleh bencana alam yang tidak dapat di prediksi atau pun umur bangunan itu sendiri akan memberikan efek sangat besar terhadap kehidupan manusia. Untuk mengatasi hal ini yaitu dengan cara menerapkan *wireless sensor network* pada pemantauan kondisi struktur bangunan dengan menggunakan sensor *accelerometer MMA7361*, mikrokontroler *Arduino Uno*, modul *transceiver nRF24L01*, *Personal Computer (PC)*, dan aplikasi *monitoring Delphi 2010*. Sehingga dapat lebih mudah, ringkas, dan menggunakan tenaga yang rendah, tetapi dapat mengumpulkan semua informasi berupa data percepatan getaran yang diperoleh dari masing-masing node client dikirim menuju ke node server secara berkala dan ditampilkan secara grafik sekaligus nilai dari data percepatan getaran pada *Personal Computer (PC)* dengan menggunakan aplikasi *monitoring Delphi 2010*, tanpa *user* harus memantau langsung objek yang dituju. Hasilnya, masing-masing node client mampu mengirimkan data percepatan getaran yang didapat dari beberapa jenis struktur bangunan kayu, triplek, dan beton kepada node server. Sehingga, didapat data dari jenis struktur bangunan kayu memiliki rata-rata data sampling percepatan getaran sebesar $6,1 \text{ m/s}^2$. Struktur bangunan triplek memiliki nilai rata-rata data sampling percepatan getaran sebesar 116 m/s^2 . Sedangkan, struktur bangunan beton memiliki rata-rata data sampling percepatan getaran sebesar 0 m/s^2 . Semua diuji dalam satu kali tes pukul.

Kata kunci: struktur bangunan, *wireless sensor network*, sensor *accelerometer MMA7361*, modul *transceiver nRF24L01*, aplikasi *monitoring Delphi 2010*.

Abstract

The Building is one of the most important facilities and infrastructure in human life. Therefore, when a building is damaged whether it is caused by a natural disaster that can not be predicted or the age of the building itself will have a profound effect on human life. To overcome this problem is by applying wireless sensor network to monitoring the vibration response of building a structure using MMA7361 accelerometer sensor, Arduino Uno microcontroller, nRF24L01 transceiver module, Personal Computer (PC) and Delphi 2010 monitoring application. So it can be easier, compact and low power, but can collect all the information in the form of vibration acceleration data obtained from each client node sent to the node server periodically and displayed graphically as well as the value of vibration acceleration data on the Personal Computer (PC) using Delphi 2010 monitoring applications, without the user must monitor the intended object directly. As a result, each node client is able to transmit vibration acceleration data obtained from several types of wooden, plywood, and concrete structure structures to the server nodes. Thus, the data obtained from the type of wooden structure has an average of vibration acceleration sampling data of $6,1 \text{ m/s}^2$. The plywood building structure has an average value of vibration acceleration sampling data of 116 m/s^2 . Meanwhile, the concrete structure has an average of vibration acceleration sampling data of 0 m/s^2 . All tested in one hit test.

Keywords: building structure, *wireless sensor network*, *MMA7361 accelerometer sensor*, *nRF24L01 transceiver module*, *Delphi 2010 monitoring application*

1. PENDAHULUAN

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (UU No. 28 Tahun 2002). Bangunan salah satu sarana dan prasarana yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Oleh sebab itu, ketika suatu bangunan mengalami kerusakan entah itu disebabkan oleh bencana alam yang tidak dapat diprediksi ataupun umur bangunan itu sendiri akan memberikan efek sangat besar terhadap kehidupan manusia.

Dalam mendesain bangunan dengan struktur yang aman maka harus tercipta standarisasi, *building code*, serta metodologi desain. Namun, struktur bangunan dalam masa pemakaiannya dapat mengalami pembebanan yang tidak diantisipasi dalam desain sehingga lama kelamaan menyebabkan penurunan kualitas struktur dan kerusakan dengan cara – cara yang tidak dapat diprediksi (Rahmawati, D., 2011). Struktur bangunan terutama bangunan bertingkat saat ini harus dirancang tahan terhadap proses pembebanan yang terus-menerus seperti sering terjadinya bencana alam terutama gempa bumi, angin, dan banjir. Hal ini dikarenakan untuk menghindari banyak kerugian harta benda maupun nyawa manusia dan diikuti dengan kerugian dari sisi ekonomi yang akan menghasilkan dampak yang sangat besar.

Pada skripsi ini akan membahas dan merancang tentang implementasi *wireless sensor network* pada pemantauan kondisi struktur bangunan menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361. *Wireless sensor network* sangat tepat diaplikasikan untuk deteksi kejadian (*event detection*) (Priatama, A. S., 2009). *Wireless sensor network* ini terdiri dari node yang bersifat individu yang dapat berinteraksi dengan lingkungannya dengan cara *sensing*, *controlling*, dan *communication* terhadap parameter-parameter fisiknya (E, I. M., Sugiarto, B., & Sakti, I. 2009). Saat ini khususnya di Indonesia, penggunaan sensor untuk pemantauan masih terbilang minim dan masih mengandalkan pemantauan manual

dengan menggunakan manusia sebagai pemantau keadaan.

Melihat permasalahan yang terjadi penulis mengusulkan sistem yang dapat mengatasi permasalahan pada pemantauan kondisi struktur bangunan dengan cara mengimplementasikan *wireless sensor network* pada pemantauan kondisi struktur bangunan menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361. Dengan mengimplementasikan beberapa perangkat seperti mikrokontroler Arduino Uno, sensor *accelerometer* MMA7361, modul *transceiver* nRF24L01, *Personal Computer* (PC), dan aplikasi *monitoring* Delphi 2010. Pada sistem ini data yang dianalisis berupa data percepatan getaran yang diperoleh dari struktur bangunan yang diuji berupa data grafik dan nilai.

2. DASAR TEORI

2.1 Struktur bangunan

Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat disimpulkan untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban. Beban-beban tersebut menumpu pada elemen-elemen untuk selanjutnya disalurkan ke bagian bawah tanah bangunan, sehingga beban-beban tersebut akhirnya dapat di tahan (Ariestadi, D., 2008)..

2.1.1 Pembebanan pada struktur bangunan

Berdasarkan arah gaya yang bekerja, beban pada struktur dibedakan menjadi tiga, yaitu beban vertikal (gravitasi/aksial), beban horizontal (lateral), dan momen. Jenis beban yang termasuk dalam arah bekerjanya gaya yaitu, sebagai berikut : (Ridwan, M., 2014)

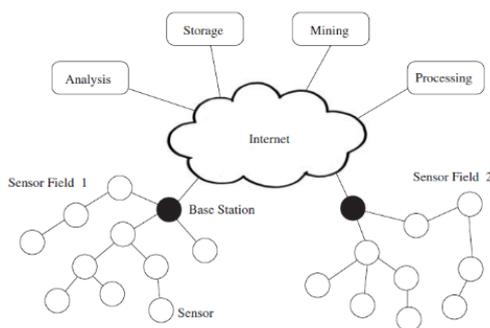
1. Beban vertical adalah beban yang bekerja searah dengan gravitasi. Yang termasuk dalam beban vertical ini adalah beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*).
2. Beban horizontal adalah beban yang bekerja sejajar dengan bidang (lateral). Yang termasuk dalam beban lateral ini adalah beban angin, beban gempa, dan beban khusus.

3. Gaya momen adalah gaya yang timbul akibat perilaku struktur terhadap gaya aksial atau gravitasi yang terjadi atau direncanakan berbanding lurus dengan ukuran penampang struktur yang mengenaanya.

2.2 Wireless sensor network

Wireless sensor network terdiri atas sekumpulan sensor (alat pendeteksi) yang tersebar dan memiliki kemampuan untuk melingkupi area atau wilayah geografis tertentu yang disebut sebagai area sensor, dimana pada area sensor itu terdapat banyak sekali parameter – parameter yang dapat dideteksi. Sensor – sensor ini dirancang dengan sedemikian rupa sehingga berkemampuan untuk dapat merasakan (*sensing*), penghitungan, dan elemen-elemen komunikasi yang memberikan kemampuan kepada administrator untuk mengukur, mengobservasi, dan memberikan reaksi kepada suatu *event* (kejadian) dan fenomena pada lingkungan tertentu, memproses data hasil dari pengumpulan informasi, serta dapat melakukan komunikasi baik secara horizontal (sesama sensor), maupun vertikal (dengan *base station*) tanpa menggunakan kabel untuk media transmisinya (*wireless*) (Priatama, 2009).

Jika *wireless sensor network* ini dihubungkan ke *gateway* yang dapat mengakses internet maka *wireless sensor network* ini dapat diakses dan berkolaborasi dengan sistem lain, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi scenario penggunaan wireless sensor network

Sumber : Dargie & Poellabauer (2010)

2.3 Sensor accelerometer MMA7361

Sensor *accelerometer* MMA7361 adalah sensor percepatan 3 sumbu berbasis kapasitor mikro. Fitur utama dari sensor ini adalah dapat dihubungkan dengan mudah ke sebuah

mikrokontroler secara analog. Nilai percepatan disetiap sumbu diberikan sebagai sebuah tegangan analog. Modul ini beroperasi pada tegangan VCC 3.3V atau 5V sehingga dapat dengan mudah dihubungkan ke berbagai jenis mikrokontroler. Semua pin pada sensor *accelerometer* MMA7361 tersedia pada pin-pin header. Pada modul ini terdapat regulator tegangan 3.3V dan indikator LED untuk kemudahan dalam pengoperasiannya. Gambar 2.2 merupakan sensor *accelerometer* MMA7361 (Oktianti, 2015).



Gambar 2.2 Sensor accelerometer MMA7361

Sumber : Oktianti (2015)

2.4 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input atau output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Sedangkan, untuk menghubungkan ke komputer dapat menggunakan kabel USB atau sumber tegangan yang bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai (Saputri, 2014).

Bentuk hardware dari Arduino Uno bisa dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Arduino Uno

Sumber : www.arduino.cc (2016)

2.5 Modul transceiver nRF24L01

Modul *transceiver* nRF24L01 merupakan salah satu modul tanpa kabel yang menggunakan gelombang *radio frequency* (RF). Modul nRF24L01 memiliki keunggulan dalam hal *ultra low power*, 2 Mbps RF *transceiver* untuk frekuensi 2.4 GHz. Dapat digunakan untuk komunikasi dua arah yaitu

mengirim (*transmitter*) dan menerima (*receiver*). Dengan jangkauan jarak yang cukup jauh dan harga yang relatif murah, menjadikan nRF24L01 sebagai modul komunikasi yang banyak digunakan. Modul *transceiver* nRF24L01 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Modul *transceiver* nRF24L01

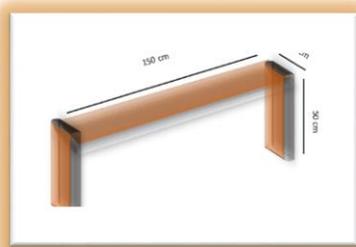
Sumber : www.sigalabs.com (2016)

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Perancangan perangkat keras

3.1.1 Perancangan prototype struktur bangunan

Pada perancangan *prototype* struktur bangunan menggunakan 3 jenis konstruksi bangunan yaitu kayu, triplek, dan beton dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 40 cm, tinggi 50 cm. Perancangan *prototype* struktur bangunan dapat dilihat pada gambar 3.1.

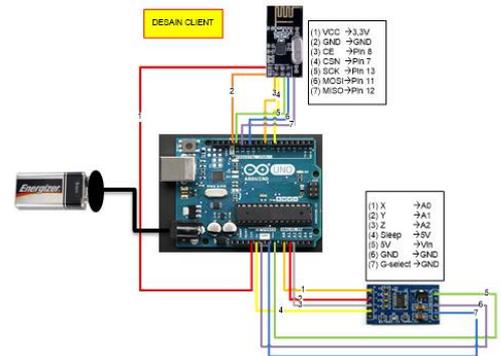


Gambar 3.1 Perancangan *prototype* struktur bangunan

3.1.2 Perancangan node client

Komponen utama yang terdapat pada node client yaitu sensor *accelerometer* MMA7361 digunakan untuk pendeteksian dan pengakuisisian data percepatan getaran, mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk mengolah data *input* dan data *output*, modul *transceiver* nRF24L01 digunakan untuk mengirimkan data yang telah diolah kepada node server dan *power supply* sebagai daya untuk mengaktifkan sistem pada node client.

Konfigurasi pin pada node client dapat digambarkan dengan menggunakan garis warna-warni yang saling menghubungkan pin antar perangkat keras yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.

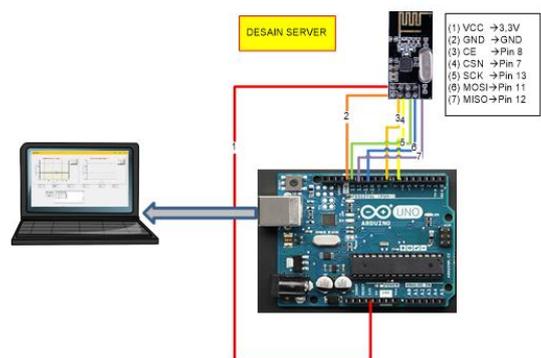


Gambar 3.2 Desain konfigurasi pin pada node client

3.1.3 Perancangan node server

Sedangkan, untuk node server hanya menggunakan 2 perangkat keras yaitu mikrokontroler Arduino Uno dan modul *transceiver* nRF24L01 yang dihubungkan dengan *Personal Computer* (PC). *Personal Computer* (PC) digunakan sebagai *power supply* yang dihubungkan menggunakan pin USB Jack pada Arduino Uno. *Personal Computer* (PC) juga digunakan sekaligus untuk menampilkan hasil jalannya program keseluruhan pada system.

Konfigurasi pin pada node server dapat digambarkan menggunakan garis warna-warni yang saling terhubung antara pin satu dengan pin yang lainnya. Rancangan ini dapat dilihat pada Gambar 3.3



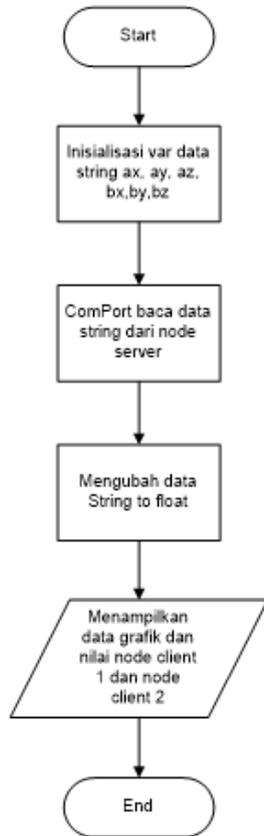
Gambar 3.3 Desain konfigurasi pin pada node server

3.2 Perancangan perangkat lunak

3.2.1 Perancangan algoritma aplikasi monitoring Delphi 2010

Aplikasi *monitoring* Delphi 2010 memiliki peran sebagai *user interface* dalam menampilkan data percepatan getaran yang

dikirimkan dari masing-masing node client, tampilan pada aplikasi *monitoring* Delphi 2010 berupa grafik dan nilai. Berikut Gambar 3.4 perancangan algoritma aplikasi *monitoring* Delphi 2010.



Gambar 3.4 Diagram alir aplikasi *monitoring* Delphi 2010

3.3 Implementasi perangkat keras

Pada implementasi perangkat keras terdiri dari implementasi *prototype* struktur bangunan serta implementasi node client dan node server.

3.3.1 Implementasi *prototype* struktur bangunan

Implementasi dari *prototype* struktur bangunan kayu, triplek, dan beton dapat dilihat pada Gambar 3.5, Gambar 3.6, Gambar 3.7.



Gambar 3.5 Implementasi *prototype* struktur bangunan kayu

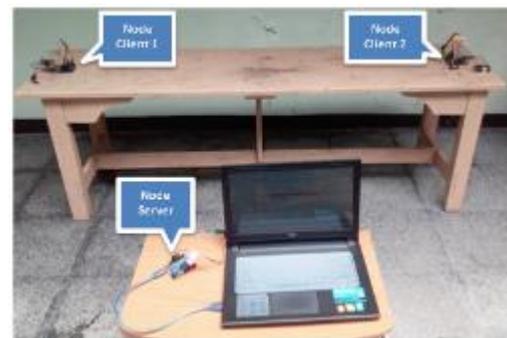


Gambar 3.6 Implementasi *prototype* struktur bangunan triplek



Gambar 3.7 Implementasi *prototype* struktur bangunan beton

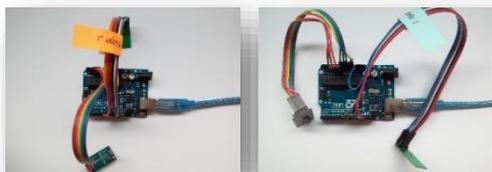
Dapat dilihat pada Gambar 3.8, implementasi penempatan node client dan node server pada struktur bangunan.



Gambar 3.8 Implementasi penempatan node client dan node server

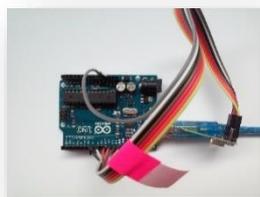
3.3.2 Implementasi node client dan node server

Implementasi perangkat keras pada sistem ini secara keseluruhan mencakup semua komponen utama yang membentuk sistem node client dan node server. Dibawah ini dapat dilihat pada Gambar 3.9 tentang implementasi dari node client yang didapatkan dari hasil perancangan dari masing-masing komponen utama penyusun node client 1 dan node client 2.



Gambar 3.9 Implementasi node client 1 dan node client 2

Pada Gambar 3.10, dapat dilihat mengenai hasil implementasi node server.

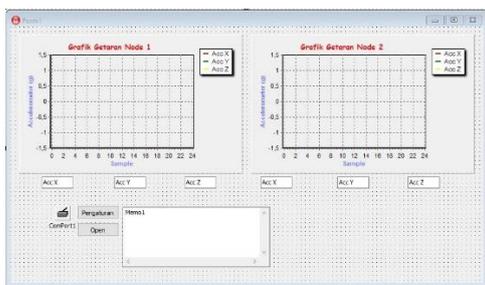


Gambar 3.10 Implementasi node server

3.4 Implementasi perangkat lunak

3.4.1 Implementasi algoritma aplikasi monitoring Delphi 2010

Implementasi desain tampilan untuk aplikasi *monitoring* Delphi 2010 secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Implementasi user interface aplikasi monitoring Delphi 2010

4. PENGUJIAN

4.1 Pengujian fungsional

Pengujian fungsional sistem bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat node client dan node server dapat berfungsi dengan baik atau tidak dan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman dan penerimaan data dari node client ke node server.

4.1.1 Hasil pengujian

Tampilan hasil dari pengujian fungsional dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan hasil pengujian fungsional

Nilai data perubahan yang terjadi pada node client dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil nilai data perubahan pada pengujian fungsional

Pengujian	Banyaknya pukulan	Data Node Client (g)		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul ke-1	1 kali	0 g	1,25 g	2,5 g
Tes pukul ke-2	1 kali	0 g	0 g	1,25 g 1,25 g
Tes pukul ke-3	1 kali	1,25 g	0 g	2,5 g 2,5 g

4.1.2 Analisis pengujian

Setelah melihat hasil data pada Tabel 4.1. Penulis menganalisis dengan melihat hasil tampilan grafik dan nilai perubahan data yang terjadi ketika dikenai pukulan maka dapat disimpulkan perangkat pada sistem berfungsi dengan baik.

4.2 Pengujian jarak node dan range waktu pengiriman paket data

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur rata-rata range waktu antar paket data dikirimkan oleh node client menuju ke node server dengan menggunakan ukuran jarak yang berbeda-beda antara node client dan node server. *Range* waktu pengiriman paket data didapatkan dari waktu pengiriman paket data terakhir dikurangi waktu pengiriman paket data awal.

4.2.1 Hasil pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 6.4. Pada tabel tersebut dijelaskan tentang pemberian jarak antara node client dan node server sebesar 1 m, 5 m, 10 m, dan 10 m (beda ruangan). Setelah itu pengambilan data sampel sebanyak 50 data sampel untuk diambil rata-rata *range* waktu antar paket data.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian jarak node dan *range* waktu pengiriman paket data

Jarak	Jumlah Sample Data	Rata-rata Range Waktu	Validasi data
1 m	50	99 ms	Valid
5 m	50	99 ms	Valid
10 m	50	212 ms	Valid
10 m (beda ruangan)	-	-	Error/Tidak terkirim

4.2.2 Analisis pengujian

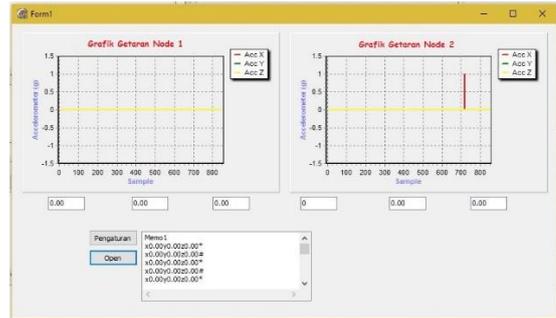
Setelah melihat hasil pengujian pada Tabel 4.2. Penulis menganalisis bahwa jarak antara node client dengan node server mempengaruhi rata-rata *range* waktu pengiriman paket data.

4.3 Pengujian struktur bangunan kayu, triplek, dan beton

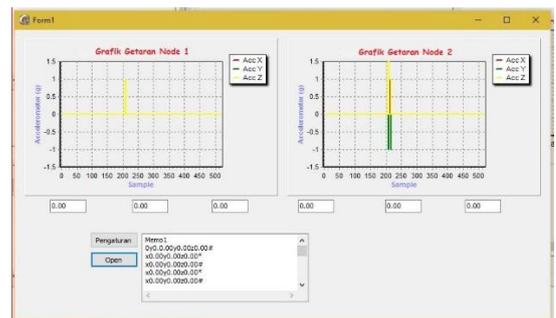
Pengujian ini dilakukan pada 3 jenis struktur bangunan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi yang dialami dari masing-masing jenis struktur bangunan kayu, triplek, dan beton ketika dikenai pembebanan dengan cara tes pukul serta sekaligus untuk mengetahui letak getaran yang terjadi ketika pengujian tes pukul dilakukan.

4.3.1 Hasil pengujian

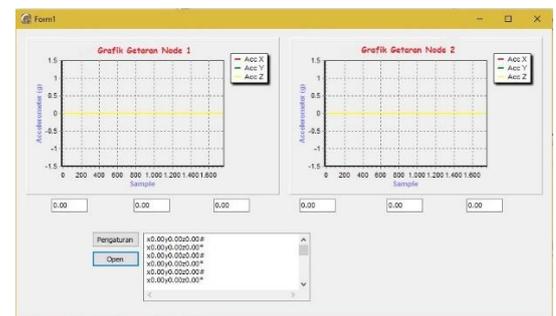
Pada pengujian jenis struktur bangunan kayu, triplek, dan beton didapatkan hasil seperti yang terlihat pada tampilan aplikasi *monitoring* Delphi 2010 yang terdapat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4.



Gambar 4.2 Hasil pengujian struktur bangunan kayu



Gambar 4.3 Hasil pengujian struktur bangunan triplek



Gambar 4.4 Hasil pengujian struktur bangunan beton

Dari pengujian struktur bangunan kayu, triplek, dan beton di atas dihasilkan juga nilai data getaran yang ditampilkan pada aplikasi *monitoring* Delphi 2010. Dapat dilihat pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil nilai data pengujian struktur bangunan kayu

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1			Data Node Client 2		
		Su mb u x	Su mb u y	Su mb u z	Su mb u x	Su mb u y	Su mb u z
Tes pukul	1 kali	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Tabel 4.4 Hasil nilai data pengujian struktur bangunan triplek

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1			Data Node Client 2		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul	1 kali	1.00	0.00	1.00	2.00	-	3.00
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00	1.00	-	2.00
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

Tabel 4.5 Hasil nilai data pengujian struktur bangunan beton

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1			Data Node Client 2		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul	1 kali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.3.2 Analisis pengujian

Dari hasil pengujian struktur bangunan kayu yang telah dilakukan, penulis dapat menganalisis bahwa letak posisi getaran terbesar pada pengujian jenis struktur bangunan kayu terletak dekat dengan posisi node client 2.

Dari hasil pengujian struktur bangunan triplek yang telah dilakukan, penulis dapat menganalisis bahwa letak posisi getaran terbesar pada pengujian jenis struktur bangunan triplek terletak dekat dengan posisi node client 2 karena data percepatan getaran terbanyak didapatkan pada node client 2.

Sedangkan, dari hasil pengujian struktur bangunan beton yang telah dilakukan, penulis dapat menganalisis tidak terdapat perubahan nilai data percepatan getaran sama sekali, data nilai yang terlihat hanya data stabil dari sistem yaitu 0.

4.4 Pengujian keseluruhan

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengolah data yang didapatkan dari pengujian struktur bangunan kayu, triplek, dan beton untuk dapat dianalisis mengenai kondisi respon getaran yang dialami pada masing-masing struktur bangunan. Bertujuan untuk mengetahui tentang karakteristik kondisi dari masing-masing kondisi struktur bangunan yang diuji

dengan pemberian beban dilihat dari data olahan atau data sampling.

4.4.1 Hasil pengujian

Hasil pengujian ini berupa pengolahan data sampling pada struktur bangunan kayu, triplek, dan beton. Pengolahan data sampling untuk masing-masing struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.6, Tabel 4.7, Tabel 4.8.

Tabel 4.6 Pengolahan data sampling pada struktur bangunan kayu

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1 (g)			Data Node Client 2 (g)		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul	1 kali	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g
Percepatan Getaran (m/s ²)		0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²

Tabel 4.7 Pengolahan data sampling pada struktur bangunan triplek

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1 (g)			Data Node Client 2 (g)		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul	1 kali	1,25 g	0 g	1,25 g	2,5 g	-	3,75 g
		1,25 g		1,25 g	1,25 g	1,25 g	1,25 g
		1,25 g		1,25 g	1,25 g	1,25 g	2,5 g
		1,25 g		1,25 g	1,25 g	1,25 g	2,5 g
Percepatan Getaran (m/s ²)		12,25 m/s ²	0 m/s ²	49 m/s ²	49 m/s ²	24,5 m/s ²	98 m/s ²

Tabel 4.8 Pengolahan data sampling pada struktur bangunan beton

Pengujian	Banyaknya tes pukul	Data Node Client 1 (g)			Data Node Client 2 (g)		
		Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z
Tes pukul	1 kali	0 g	0 g	0 g	1,25 g	0 g	0 g
Percepatan Getaran (m/s ²)		0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²	12,25 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²

Pada Tabel 4.9, dapat dilihat hasil pengolahan nilai data keseluruhan sampling.

Tabel 4.9 Nilai data keseluruhan sampling

No.	Jenis Struktur Bangunan	Node Client 1	Node Client 2	Rata-rata Percepatan Getaran
		Percepatan Getaran	Percepatan Getaran	
1.	Kayu	0 m/s ²	12,25 m/s ²	6,1 m/s ²
2.	Triplek	61,25 m/s ²	171,5 m/s ²	116 m/s ²
3.	Beton	0 m/s ²	0 m/s ²	0 m/s ²

4.4.2 Analisis pengujian

Dengan melihat hasil data sampling yang didapat maka penulis dapat menganalisis bahwa jenis struktur bangunan kayu memiliki hasil rata-rata percepatan getaran yang terjadi sebesar 6,1 m/s². Struktur bangunan triplek memiliki hasil rata-rata percepatan getaran sebesar 116 m/s². Sedangkan, struktur bangunan beton memiliki rata-rata data sampling percepatan getaran sebesar 0 m/s². Semua diuji dalam satu kali tes pukul.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.2 Kesimpulan

Melihat dari hasil perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, dan analisis sistem, maka penulis menyimpulkan :

1. Sistem untuk merancang dan mengimplementasikan *wireless sensor network* pada pemantauan kondisi struktur bangunan terdiri dari 3 komponen utama yaitu node client 1, node client 2, dan node server yang terdiri dari perangkat keras berupa sensor *accelerometer* MMA7361, mikrokontroler Arduino Uno, modul *transceiver* nRF24L01 dan *Personal Computer* (PC). Sedangkan perangkat lunak yang bekerja sebagai aplikasi *monitoring* yaitu aplikasi *monitoring* Delphi 2010.
2. Merancang dan mengimplementasikan sistem sensor yang dapat mengakuisisi data dilakukan dengan cara mengkonfigurasi pin pada sensor *accelerometer* MMA7361 dengan pin yang ada pada mikrokontroler Arduino Uno.
3. Performa sistem dalam hal *range* waktu pengiriman paket data ketika proses akuisisi data banyak dipengaruhi oleh ukuran jarak antara node client dengan node server. Semakin jauh jarak antara

node client dengan node server maka *range* waktu pengiriman paket data semakin lama. Semakin jauh jarak posisi antara node client dengan node server dengan kondisi masing-masing perangkat diletakkan beda ruangan maka tidak ada rata-rata *range* waktu pengiriman paket data karena semua paket data tidak terkirim atau error.

4. Performa sistem untuk mengukur tingkat respon getaran pada masing-masing jenis struktur bangunan kayu, triplek, dan beton dapat dianalisis dari hasil rata-rata data sampling yang didapat dari jenis struktur bangunan beton memiliki hasil rata-rata percepatan getaran sebesar 0 m/s². Struktur bangunan triplek memiliki nilai hasil rata-rata percepatan getaran sebesar 116 m/s². Sedangkan, struktur bangunan kayu memiliki rata-rata data sampling percepatan getaran yang terjadi sebesar 6,1 m/s².

5.3 Saran

Berikut saran penulis agar penelitian ini dapat dikembangkan di masa yang akan datang.

1. Disarankan menggunakan modul *wireless sensor network* seperti zigbee karena zigbee memiliki modul yang lengkap dan memiliki performa lebih tinggi karena lebih stabil dalam transmisi.
2. Aplikasi *monitoring* untuk menampilkan grafik dan nilai percepatan getaran bisa memakai perangkat lunak LabVIEW atau Matlab karena tampilan grafik lebih terlihat detail.
3. Menggunakan paramater pengujian beban gempa dan tes pukul untuk bisa dijadikan nilai pembanding agar data yang diuji lebih valid.
4. Penggunaan sensor node yang lebih banyak dapat mempermudah dalam pendeteksian dan pengakuisisian data.

6. DAFTAR PUSTAKA

Arduino, 2016. *Arduino Uno*. [Online] Available at: <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno> [Diakses 1 April 2016].

Ariestadi, D., 2008. Teknik Struktur Bangunan Jilid 2. Dalam: *Teknik Struktur Bangunan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah

- Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional, pp. 1-186.
- E, I. M., Sugiarto, B. & Sakti, I., 2009. Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network (WSN). *INKOM*, Volume III, pp. 90-96.
- Oktalianti, I., 2015. *Aplikasi sensor accelerometer MMA7361 pada sistem pendeteksi getaran bangunan bertingkat via Short Message Service(SMS)*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Priatama, A. S., 2009. Sistem Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel. *Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS*.
- Rahmawati, D., 2011. *Sistem Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Dengan Wireless Sensor Network*. Jakarta: Sistem Informasi Manajemen.
- Saputri, Z. N., 2014. *Aplikasi pengenalan suara sebagai pengendali peralatan listrik berbasis Arduino Uno*. Malang: Universitas Brawijaya.
- SigaLabs, 2016. *Sigalabs*. [Online]Available at: <http://sigalabs.com/> [Diakses 5 Maret 2016].
- Soekarnoputri, M., 2002. *Undang-Undang Dasar Republik Indonesia Tentang Bangunan Gedung*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Ridwan, M., 2014. Evaluasi Perilaku Struktur Gedung Bertingkat Lima Menggunakan Kolom Pendek Akibat Beban Gempa.
- University, O. S., 2013. *College of Engineering: Electrical Engineering and Computer Science*. [Online]Available at: <http://eecs.oregonstate.edu/education/docs/accelerometer/MMA7361module.pdf> [Diakses 10 April 2016].