



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Alamat Prosiding: sinta.eng.unila.ac.id



Konsep awal penerapan alat akselerometer dan LoRa sebagai pendeteksi ketahanan jembatan yang dapat dipantau melalui data center

M F Yassar*, Nurwahyudi, Z Meidina, dan I G B Darmawan

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima: 10 Oktober 2020

Direvisi: 11 November 2020

Kata kunci:

Accelerometer

FFT

Jembatan

LoRa

Mikrokontroler

Tingginya angka keruntuhan jembatan di Indonesia menjadi salah satu kejadian yang sangat memprihatinkan. Untuk mengatasi permasalahan ini maka dibutuhkan suatu metode pemantauan terhadap kondisi jembatan secara *real time* yang salah satunya terkait dengan *Structural Health Monitoring* (SHM). Metode ini bertujuan untuk melakukan pemantauan terhadap kondisi suatu bangunan dengan melakukan klasifikasi terhadap tiap tingkat kerentanannya. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan alat *Accelerometer* untuk mendeteksi getaran pada suatu benda termasuk jembatan. *Accelerometer* kemudian dikombinasikan dengan beberapa komponen lain untuk membentuk alat *transmitter* dan *receiver*. Alat *transmitter* berfungsi sebagai pendeteksi dan pemrosesan data dipasang pada jembatan yang menjadi target. Proses pengolahan data getaran dilakukan dengan menggunakan metode FFT yang sebelumnya sudah diprogram pada *accelerometer*. Data yang sudah melewati proses pengolahan kemudian di kirimkan ke dalam database menggunakan LoRa, dengan terlebih dahulu diterima oleh *receiver*. Data kemudian dipindahkan kedalam *database* agar dapat diakses secara *real time* dan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga lebih memudahkan dalam menentukan kondisi suatu jembatan. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa model penelitian mengenai konsep alat pendeteksi ketahanan jembatan ini dapat direalisasikan selain itu pembuatan mengenai konsep dan model dalam bentuk virtual telah dilakukan dimana diharapkan berdasarkan model dan konsep yang telah ada dapat dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga alat ini digunakan dalam pemantauan kondisi bangunan khususnya dalam hal ini merupakan jembatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi ketahanan jembatan ini dapat direalisasikan dengan memperhatikan beberapa parameter diantaranya terkait dengan komponen yang digunakan dan program yang akan dijadikan input kedalam alat.

1. Pendahuluan

Konstruksi suatu bangunan tanpa disadari memiliki bahaya yang berisiko tinggi akibat pembebanan yang diterimanya. Terutama apabila tidak dirawat selama umur rencana yang telah ditentukan maka ketahanan struktur dari bangunan tersebut akan cepat berkurang dan menyebabkan bangunan akan cepat rusak. Berkurangnya ketahanan struktur disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kesalahan dalam melakukan perencanaan bangunan, kurangnya kontrol kualitas, suhu yang sering berubah-ubah, dan beban yang sering berulang (Darmawan et al., 2017). Salah satu contoh konstruksi bangunan tersebut yaitu jembatan yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan atau wilayah yang terputus oleh adanya rintangan seperti lembah, alur sungai, danau, irigasi, jalur kereta api maupun jalan raya. Pada umumnya jembatan digolongkan menjadi dua jenis yaitu jembatan tetap yang dimanfaatkan secara permanen dan terus menerus serta jembatan tidak tetap yang biasanya terbuat dari baja dan komposit yang memiliki

karakteristik lentur karena jembatan jenis ini biasanya digerakan sebagai akibat dari adanya proses lalu lintas yang melewati bagian bawahnya (Vanderveen & Struyk, 1984).

Di Indonesia sendiri, jembatan merupakan salah satu infrastruktur yang sangat vital, dan sudah mulai digunakan dari sebelum tahun 1945 hingga saat ini (Istiono & Propika, 2017). Akan tetapi sebagian besar jembatan yang terdapat di Indonesia terutama pada wilayah desa dan pedalaman memiliki kondisi yang sangat memprihatinkan sehingga tidak jarang terjadi peristiwa jembatan runtuh yang mengakibatkan putusnya akses pada suatu wilayah. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi masyarakat yang tinggal pada wilayah tersebut, dimana dengan putusnya akses maka aktivitas masyarakat akan sangat sulit dan dampaknya akan langsung dirasakan karena jembatan memiliki peran yang sangat penting dalam menghubungkan dan memberikan akses yang lebih mudah serta cepat kepada masyarakat, dimana hal tersebut sangat mempengaruhi tingkat produktivitas dan memacu pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah.

* Muhammad Farhan Yassar.

E-mail: farhanyassar22@gmail.com.

Adapun faktor yang mempengaruhi keruntuhan jembatan adalah elastisitas, deformasi akhir dan beban runtuh. Namun sangat sulit untuk menemukan beban runtuh dan mekanisme keruntuhan pada model-3D karena geometri struktur yang sangat rumit (Manda & Nakamura, 2010). Selain itu usia penggunaan jembatan yang telah melampaui masa pakainya juga mempengaruhi dan meningkatkan kemungkinan untuk terjadinya keruntuhan jembatan, dimana pada umumnya jembatan dirancang untuk dapat bertahan dalam rentang waktu 50 hingga 100 tahun. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi maka standar pembangunan, kontroling dan kualitas serta metode yang digunakan dalam pembangunan maupun perawatan jembatan terus meningkat. Akan tetapi peristiwa jembatan runtuh masih sering terjadi dimana hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya kesalahan dalam perhitungan dan perencanaan maupun akibat dari adanya pengaruh dari alam. Salah satu contohnya yaitu runtuhnya jembatan yang baru dibuka selama dua bulan dan merupakan penghubung antara dusun Pusung Sidodadi, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, yang terjadi pada tanggal 24 februari 2020 lalu.

Untuk meminimalkan kemungkinan dan sebagai upaya dalam mencegah terjadinya peristiwa runtuhnya bangunan maka diperlukan suatu *Structural Health Monitoring* (SHM) yang merupakan ilmu dengan tujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan mengintegrasikannya ke dalam struktur untuk memonitor kesehatan dari suatu bangunan. Teknologi ini dapat memperpanjang umur pelayanan bangunan karena penurunan kemampuan dan kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal (peringatan dini) sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah dan membutuhkan biaya rehabilitasi yang lebih besar (Nababan, 2008). Teknik dari SHM dapat dikategorikan ke dalam beberapa tingkat identifikasi yaitu level 1: penentuan adanya kerusakan pada struktur; Level 2: penentuan adanya kerusakan serta lokasi kerusakan; Level 3: penentuan kerusakan, lokasinya serta menilai tingkat kerusakan; Level 4: penentuan kerusakan, lokasinya, tingkat kerusakan serta memperkirakan usia pakai struktur (Sohn, 2003).

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan keilmuan dari SHM kategori level 1, dengan tujuan melakukan pembuatan konsep rancangan awal alat yang dapat mendeteksi kerusakan dan ketahanan jembatan secara lebih awal dengan menggunakan data center yang berbasis *micrcontroller* sehingga dapat memberikan *update* secara *real time* dan dapat diakses setiap saat. Kekurangan dari penelitian ini yaitu belum terdapatnya luaran dalam bentuk alat yang sudah jadi dan teruji dilapangan, hal ini dikarenakan penelitian ini baru berupa konsep awal sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terutama dalam melakukan pemrograman terhadap *micrcontroller* yang digunakan dan terkait dengan efisiensi, kecepatan dan ketepatan data yang dihasilkan dari alat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. LoRa

LoRa merupakan sistem komunikasi dengan metode nirkabel yang digunakan untuk IoT, dimana jangkauan komunikasi yang dapat dilakukan meliputi suatu wilayah yang cukup luas yaitu minimal 15 Km dan dalam pengoperasiannya mengkonsumsi daya sangat rendah bergantung dengan sumber daya yang digunakan namun pada umumnya dapat bertahan 5 – 10 tahun (Augustin et al., 2016). LoRa *Physical Layer Protocol* bekerja pada pita frekuensi 433, 868, 915 dan 923 MHz, namun frekuensi tersebut dapat berbeda bergantung pada regulasi setiap negara. Luasnya jangkauan dan rendahnya konsumsi daya yang digunakan oleh LoRa menyebabkan sistem ini sangat cocok digunakan untuk perangkat sensor yang dioperasikan dengan sumber daya baterai

dan memerlukan cakupan area yang luas. Namun kekurangan dari sistem ini yaitu memiliki transmisi data dengan kecepatan yang cukup rendah dimana hanya 0.3 hingga 0.5 Kbps ((Ducrot et al., 2016).

2.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah *chip* yang memiliki peranan untuk mengontrol rangkaian elektronik (Gambar 1). Chip ini terdiri dari CPU (*Control Processing Unit*), memori, I/O (*Input/Output*), bahkan sudah dilengkapi ADC (*Analog-to-Digital Converter*) yang sudah terintegrasi di dalamnya (Junaidi & Prabowo, 2018). Salah satu jenis mikrokontroler yang didalamnya terdapat berbagai macam fungsi yaitu AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*). Kelebihan dari mikrokontroler jenis ini yaitu tidak perlu menggunakan osilator eksternal karena sudah memiliki osilator internal. Kemudian terdapat juga ATmega328 yang merupakan mikrokontroler keluaran Atmel dan termasuk kedalam kategori AVR 8 bit. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas *flash* sebesar 32 KB, dengan memori 2 KB, dan EEPROM sebesar 1 KB. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 20 MHz. ATmega328 memiliki 28 pin dengan setiap pin memiliki fungsinya masing-masing (Sari & Hariyanto, 2020).



Gambar 1. Ilustrasi Mikrokontroler (Fitriandi et al., 2016).



Gambar 2. Sensor Akselerometer

2.3. Accelerometer

Akselerometer merupakan sebuah perangkat yang mampu mengukur sebuah kekuatan akselerasi (Gambar 2). Kekuatan ini mungkin statis (diam) seperti halnya kekuatan konstan dari gravitasi bumi, atau bisa juga bersifat dinamis karena gerakan atau getaran dari sebuah alat akselerometer (Darmawan et al., 2017). Salah satu contoh dari akselerometer yaitu ADXL345 yang merupakan produk dari Analog Devices. Accelerometer ADXL345 merupakan sensor percepatan yang mampu mengukur percepatan linier dalam tiga sumbu (x, y dan z). Sensor ini

memiliki resolusi tinggi mencapai 13-bit pada sensitivitas tertingginya. ADXL345 memiliki pilihan range pengukuran dari $\pm 2g$ hingga $\pm 16g$, dimana $1g$ merupakan satu satuan percepatan rata-rata gravitasi bumi yaitu sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$. Pada accelerometer ADXL345 sudah terdapat ADC dan digital filter sehingga ADXL345 merupakan sensor akselerasi yang menggunakan antarmuka digital yaitu dengan komunikasi I2C atau SPI (Djuniadi & Rohman, 2015).

3. Metode Penelitian

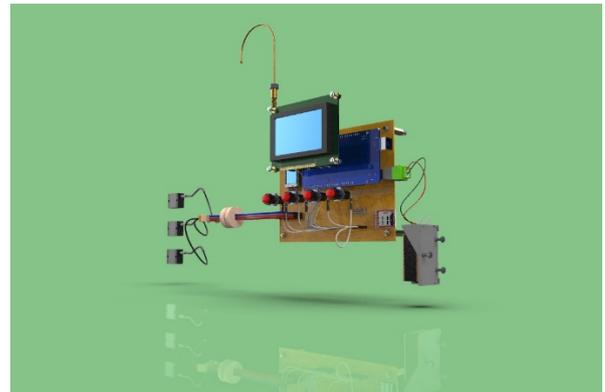
Konsep awal yang kami lakukan mengenai Penelitian pembuatan alat pendeteksi ketahanan dan kerusakan jembatan ini yaitu dengan memanfaatkan LoRa sebagai media untuk pengiriman data, *accelerometer* sebagai pendeteksi getaran dan pengolahan data awal, serta Mikrokontroler sebagai pengontrol rangkaian yang di buat. Dimana kemudian komponen tersebut dirakit menjadi dua bagian *transmitter* dan *receiver*. Alat *transmitter* kemudian akan dipasang pada jembatan yang menjadi target. Prinsip kerja dari alat ini yaitu dengan melakukan pemrosesan terhadap getaran yang terjadi akibat dari adanya aktivitas pada jembatan dengan menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*) yang sebelumnya sudah diprogram pada *accelerometer*. Data yang sudah melewati proses pengolahan kemudian dikirimkan ke dalam database menggunakan LoRa, dengan terlebih dahulu diterima oleh *receiver*. Setelah itu data dipindahkan kedalam database agar dapat diakses secara *real time* dan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga lebih memudahkan dalam menentukan kondisi suatu jembatan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai penggunaan Akselerometer, Mikrokontroler dan LoRa pada suatu alat maka kami memiliki asumsi bahwa konsep awal mengenai rancangan alat yang kami lakukan dapat dilakukan dan direalisasikan. Salah satu contoh penelitian yang memperkuat asumsi kami yaitu terkait dengan penggunaan akselerometer dalam evaluasi kesehatan struktur bangunan berdasarkan respon dinamik yang dilakukan oleh Wan Fikri Darmawan, Reni Suryanita, dan Zulfikar Djauhari pada tahun 2017. Dimana pada penelitian tersebut akselerometer menunjukkan hasil bahwa terdapat kerusakan yang terindikasi pada bangunan yang menjadi objek penelitian dengan rata - rata indeks kerusakan 0 hingga 0.08. Indeks kerusakan tersebut termasuk kedalam kategori minor dengan penampakan fisik terdapat retak pada beton dan kolom, yang menandakan bahwa gedung masih layak digunakan dan dapat menerima gempa dengan skala yang sangat kecil. Keberhasilan pendeteksian dan analisis data yang dilakukan oleh akselerometer tersebut menandakan dan mendukung konsep model yang kami lakukan.

Sedangkan dalam segi *transfer* data yang dilakukan dengan menggunakan LoRa dan Mikrokontroler kami mengambil salah satu contoh penelitian yang telah dilakukan oleh Intan Purnama Sari dan Teddi Hariyanto pada tahun 2020 dengan judul sistem pengiriman data antar mesin menggunakan modul radio lora hc-12 pada prototipe *smart water meter* berbasis mikrokontroler. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa prototipe *smart water meter*, pembacaan volume air menghasilkan penyimpangan *error* paling besar 1 % pada volume 1 Liter. Sistem komunikasi data menggunakan modul radio LoRa HC-12 dapat melakukan pengiriman data di kondisi ruang terbuka pada daerah komplek perumahan dengan jarak jangkau 100 meter pada siang hari, dan jarak jangkau 50 meter pada malam hari, serta jarak jangkau 9 meter untuk kondisi ruang

tertutup. Sistem informasi bagi pelanggan tercatat secara digital dan *realtime* menggunakan web server yang dibuat. Hasil penelitian juga memberikan bukti bahwa LoRa memiliki performa yang lebih baik saat siang hari dan berada pada ruang terbuka, selain itu penelitian tersebut juga mendukung konsep yang kami buat mengenai pengiriman data mengenai LoRa dan penggunaan database, akan tetapi hal yang perlu di perhatikan yaitu mengenai bagaimana cara untuk memaksimalkan potensi, jarak jangkauan dan kecepatan *transfer file* oleh LoRa serta lebih meminimalkan error yang kemungkinan terbentuk.



Gambar 3. Komponen Penyusun Alat Pendeteksi Kekuatan Jembatan

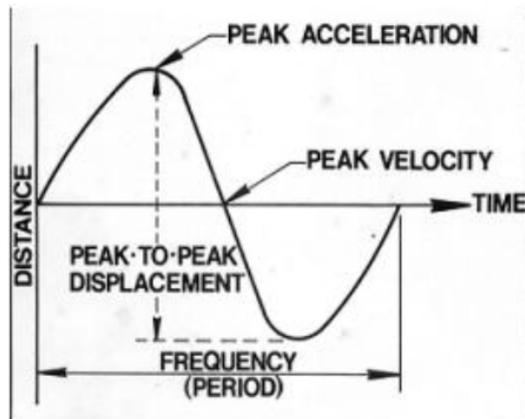
Selain itu dalam penelitian ini kami tidak hanya membahas mengenai kemungkinan terealisasinya konsep dari penelitian yang kami lakukan, akan tetapi kami juga mencoba untuk membuat suatu gambaran berupa model alat yang akan di tempatkan pada jembatan yang menjadi objek atau target, dimana alat ini nantinya akan berfungsi sebagai pengolah, pendeteksi dan alat untuk mentransmisikan data.. Terdapat beberapa penambahan komponen pada alat yang kami konsepskan seperti layar lcd yang berfungsi untuk menampilkan informasi mengenai kinerja dan kondisi alat dilapangan, dan baterai yang merupakan sumber daya untuk mengoperasikan alat (Gambar 3).



Gambar 4. Alat pendeteksi Kekuatan Jembatan

Untuk memastikan hasil dan kinerja alat dapat berlangsung secara optimal maka terdapat beberapa hal yang perlu di persiapkan diantaranya yaitu mengenai pembuatan program yang akan digunakan dan dimasukkan kedalam akselerometer, dimana program ini harus bekerja secara optimal dan menghasilkan error yang kecil, selain itu harus diperhatikan juga mengenai tingkat efisiensi dari penggunaan daya yang digunakan oleh alat dan cara untuk mengoptimalkan, mempercepat serta memperluas cakupan area yang dapat dilingkupi oleh LoRa dimana hal ini juga berkaitan dengan penyesuaian kemampuan LoRa dalam pengiriman data baik pada siang dan malam hari. Penggabungan

keseluruhan komponen tersebut kemudian akan membentuk suatu alat pendeteksi ketahanan jembatan (Gambar 4), alat tersebut akan bertindak sebagai *transmitter* yang terletak pada jembatan



Gambar 5. Contoh Grafik Dari Hasil Pengolahan Data (Djuniadi & Rohman, 2015).

Hasil pengolahan dan pendeteksian data yang didapatkan oleh alat yang terdapat pada lapangan kemudian dikirimkan dan diterima oleh receiver yang kemudian akan di masukan kedalam data base dan ditampilkan dalam bentuk grafik (Gambar 5). Akan tetapi gambar tersebut dapat dikatakan hanya sebagai contoh atau perkiraan yang kami konsepskan, dimana jika jembatan berada dalam kondisi yang normal maka akan di hasilkan data berupa suatu gelombang yang memiliki amplitudo atau *peak acceleration* dengan rentang jarak tertentu, namun jika jembatan tersebut memiliki suatu masalah pada tingkat ketahanan seperti berkurang nya kekuatan jembatan sebagai akibat dari adanya aktivitas yang terjadi atau karena dampak yang ditimbulkan oleh kondisi alam atau geologi sekitar maka amplitudo yang di hasilkan akan lebih kecil dari rentang nilai pada saat jembatan dalam kondisi normal, dimana kemudian perubahan yang terjadi diklasifikasikan kedalam beberapa kategori untuk memperkirakan kerusakan dan ketahanan jembatan. Namun apabila terjadi suatu kerusakan pada alat pendeteksi dilapangan maka akan timbul suatu peringatan pada database dan tidak akan terbentuk suatu gelombang.

5. Kesimpulan

Konsep mengenai alat pendeteksi ketahanan jembatan ini sangat mungkin untuk di realisasikan dimana hal ini di dukung oleh penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan atau korelasi dengan konsep yang kami buat. Hal yang perlu di perhatikan dalam proses realisasi konsep ini yaitu mengenai cara untuk memaksimalkan potensi, jarak jangkauan dan kecepatan *transfer file* oleh LoRa serta lebih meminimalkan error yang kemungkinan terbentuk. Selain itu program yang digunakan serta proses perhitungan untuk klasifikasi dan penampilan data pun harus di perhatikan agar tidak terjadi suatu kesalahan dalam pendeteksian, analisis dan interpretasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada tim riset Teknik Geofisika, Univesitas Lampung dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan bimbingan selama proses penelitian ini berlangsung,

Daftar Pustaka

- Augustin, A., Yi, J., Clausen, T. C., & Townsley Mark, W. (2016). A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(1466), 1–18.
- Darmawan, W. F., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2017). Evaluasi Kesehatan Struktur Bangunan Berdasarkan Respon Dinamik Berbasis Data Akselerometer. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2).
- Djuniadi, & Rohman, A. R. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Menggunakan Sensor Micro Electro Mechanical System (Mems) Akselerometer. *Edu Elekrika Journal*, 4(1).
- Ducrot, N., Ray, D., & Saadani, A. (2016). *LoRa Developer Guide*. Orange.
- Fitriandi, A., Komalasari, E., & Gusmedi, H. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 10(2).
- Istiono, H., & Propika, J. (2017). Analisa Non-Linier Pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Junaidi, & Prabowo, Y. D. (2018). *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. CV. Anugrah Utama Raharja.
- Manda, A., & Nakamura, S. (2010). Progressive Collapse Analysis of Steel Truss Bridges. *Journal of Constructional Steel Research*, 78, 192–200.
- Nababan, P. (2008). *Structural Health Monitoring System Alat Bantu Mempertahankan Usia Teknis Jembatan, Construction and Maintenance of Main Span Suramadu Bridge*.
- Sari, I. P., & Hariyanto, T. (2020). Sistem Pengiriman Data Antar Mesin Menggunakan Modul Radio LoRa HC-12 pada Prototipe Smart Water Meter Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*.
- Sohn, H. (2003). *A Review of Structural Health Monitoring Literature : 1996-2001. Structural Health Monitoring*.
- Vanderveen, K. H. C. W., & Struyk, H. J. (1984). *Jembatan*. Pradnya Paramita.