

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) UNTUK MONITORING GETARAN REL KERETA API BERBASIS ACCELEROMETER 3 SUMBU MENGGUNAKAN PROTOKOL ZIGBEE (IEEE 802.15.4)

Fajar Sugih Rizqillah¹, Rendy Munadi², Indra Chandra³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Setelah dilakukan pengujian dan implementasi didapat beberapa hasil kesimpulan diantaranya: website SMP Negeri 1 Klaten ini dapat membantu sekolah dalam penyampaian informasi secara online, sehingga masyarakat dapat mengetahui seluk beluk SMP Negeri 1 Klaten, dan orangtua siswa dapat mengetahui detail nilai dari siswa yang bersangkutan. Selain itu diperoleh MOS dari website sebesar 4.16 oleh guru dan 4.39 oleh siswa, dari nilai tersebut tergolong baik. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian kemampuan web server diperoleh bahwa website ini mampu melayani 50 pengguna dengan baik tanpa terjadi error.

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan perancangan dan implementasi perangkat keras sistem monitoring getaran rel kereta api menggunakan sensor accelerometer ADXL345 dan modul Zigbee yang memiliki kemampuan mengirimkan data dengan jaringan wireless sensor network. Hasil dari transfer data tersebut diharapkan dapat mengetahui secara langsung kualitas rel kereta api. Parameter yang dikaji adalah akselerasi getaran, Bit Error Rate (BER), dan Receive Signal Level (RSL).

Hasil dari pengujian sistem pemantauan getaran rel kereta api yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa kualitas rel kereta api tersebut berada dalam kondisi baik. Jarak maksimal modul Zigbee mampu mengirimkan data sebesar 100 meter dengan jarak antar modul Zigbee sebesar 50 meter dengan nilai BER maksimum sebesar $2,8 \times 10^{-4}$ dan nilai RSL yang terukur sebesar -96,59 dBm.

Kata Kunci : wireless sensor network, zigbee, monitoring, ADXL345, BER, RSL

Telkom
University

Abstract

The case of a train accidents that occurred in Indonesia were caused by several factors, one of them was poor rail conditions. The condition of the railway problem is an issue that needs special attention from PT. KAI (KERETA API INDONESIA) as the train transport company in Indonesia. One effort to overcome these problems by monitoring the vibrations that occurs on the rail needs is done continuously to determine the quality of rail based on standard used by PT KAI to minimize train accidents. ZigBee is technology focused on the data communication which has characteristics such as low data rate, low cost, and small power consumption. One of function of ZigBee technology is the monitoring system. This monitoring system can be applied to monitor rail vibration.

In this final project, design and implementation of hardware vibration monitoring system are using the railroad ADXL345 accelerometer sensor and Zigbee modules that have the ability to transmit data over a wireless network sensor network, Results of the data transfer is expected to find out the quality of the railway. The parameters studied are the vibration acceleration, Bit Error Rate (BER), and Receive Signal Level (RSL).

The result of railway vibration monitoring system testing railway that had been done, showed the quality of the train tracks are in good condition. Maximum distance Zigbee module can transmit data at 100 meter spaced at 50 meter Zigbee module with a maximum BER value of $2,8 \times 10^{-4}$ and the measured values of RSL -96.59 dBm.

Keywords : wireless sensor networks, zigbee, monitoring, ADXL345, BER, RSL

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penggunaan sarana transportasi kereta api saat ini mengalami banyak kendala dalam pelaksanaannya. Pada saat ini banyak terjadi kasus kecelakaan kereta api yang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah banyaknya bantalan rel yang sudah rapuh, pencurian baut pada rel kereta api, serta longgarnya baut yang mengikat rel dengan bantalan rel yang mengurangi daya tahan rel pada saat dilewati oleh roda kereta api. Dari banyaknya faktor penyebab kecelakaan kereta api tersebut dapat diduga bahwa buruknya kondisi rel kereta api merupakan salah satu faktor penyebab tingginya angka kecelakaan kereta api di Indonesia.

Pada saat ini usaha yang dilakukan untuk memeriksa permasalahan tersebut yaitu masih menggunakan cara yang lama yaitu dengan cara melakukan penulusuran di sepanjang rel kereta api secara manual, cara ini dirasa kurang efisien. Sebagai salah satu alternatif dengan cara membuat sistem *monitoring* getaran di rel kereta api, sebagai alasan adalah salah satu indikator kondisi rel dapat diukur dari tingkat getaran yang dialaminya.

Penelitian ini dirancang dan dibuat suatu sistem *monitoring* getaran rel kereta api menggunakan sensor getaran yaitu ADXL345 untuk mendeteksi getaran pada rel kereta api pada saat kereta melintas. Kemudian hasil keluaran dari sensor tersebut akan diolah menggunakan mikrokontroler berjenis AVR (*Alf Vegard Risc processor*). Untuk proses pengiriman data dilakukan melalui sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan menggunakan protokol IEEE 802.15.4 atau lebih dikenal dengan teknologi zigbee yang dapat langsung disajikan pada layar komputer dengan program *hyperteminal*. Sistem ini diharapkan mampu menjadi solusi untuk kemudahan dalam pemantauan kondisi rel kereta api.

1.2 Tujuan

Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Merancang sistem *monitoring* getaran rel kereta api untuk mengetahui kualitas rel kereta api sehingga dapat dipergunakan oleh PT KAI untuk melakukan perawatan atau perbaikan terhadap rel kereta api yang digunakan.
2. Membuat suatu alat pengukur getaran rel kereta api, kemudian hasilnya diolah dalam *microcontroller* dan meyalurkan informasi getaran yang terukur menggunakan protokol *Zigbee* pada jaringan *Wireless Sensor Network*.
3. Menampilkan hasil informasi yang diperoleh pada program *Hyperterminal*.

1.3 Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini membahas beberapa permasalahan antara lain :

1. Bagaimana membuat suatu sistem dan alat yang mampu mengukur getaran pada rel kereta api dengan sensor ADXL345.
2. Bagaimana informasi yang telah diperoleh dapat dikirimkan melalui *Wireless Sensor Network*.
3. Bagaimana mengimplementasikan protokol *Zigbee* dalam sistem *Wireless Sensor Network*.
4. Bagaimana mengintegrasikan antara sensor, mikrokontroler, *zigbee* dan *desktop*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Menggunakan sensor *accelerometer* 3 sumbu ADXL345 untuk mengukur getaran rel kereta api.
2. Parameter yang dimonitor adalah akselerasi getaran pada rel kereta api pada saat kereta melintas.

3. Parameter dalam pengukuran modul *Zigbee* adalah RSL (*Receive Signal Level*), BER (*Bit Error Rate*) dan perhitungan FSL (*Free Space Loss*).
4. Menggunakan mikrokontroler dengan jenis AVR (*Alf Vegard Risc processor*) pada setiap perangkat sensor.
5. Menggunakan protokol *Zigbee* untuk implementasi *Wireless Sensor Network*.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Studi literatur

Pada metode ini penulis melakukan penelitian dengan cara mempelajari teori-teori yang akan digunakan dalam penelitian Tugas Akhir seperti dari buku referensi, artikel-artikel dari *web*, jurnal maupun penelitian sebelumnya yang terkait untuk mendukung penyusunan Tugas Akhir ini.

2. Penelitian lapangan

Dalam metode ini penulis melakukan penelitian dengan cara dimulai dari melakukan perancangan dan perakitan komponen-komponen sehingga menjadi sebuah sistem yang dapat digunakan untuk pengukuran getaran rel kereta api. Setelah proses perancangan sistem selesai tahap selanjutnya dilakukan pengujian di PT. KAI (Kereta Api Indonesia) tepatnya pada lintasan Terminal Peti Kemas Gede Bage, Bandung untuk mengukur getaran rel kereta api. Getaran yang diukur dilakukan dengan cara meletakkan perangkat sistem pada bantalan rel kereta yang berada pada sisi terluar rel, kemudian perangkat dihubungkan dengan sebuah desktop dengan sebuah perangkat lunak *hyperterminal* yang akan menampilkan hasil pengukuran dan menyimpannya. Hasil dari pengukuran tersebut akan dijadikan data untuk menentukan indeks kualitas rel kereta api. Data tersebut juga digunakan untuk menguji kinerja dari modul *Zigbee* dengan cara mengukur BER (*Bit Error Rate*) dan RSL (*Receive Signal Level*) menggunakan *spectrum analyzer* serta perhitungan FSL (*Free Space Loss*) untuk membandingkan nilai RSL berdasarkan *datasheet* pada modul

zigbee dengan hasil pengukuran dilapangan. Hasil penelitian lapangan ini kemudian akan dianalisis sejauh mana tingkat ketepatan dan kecermatan perangkat yang digunakan dalam melakukan fungsi pengukuran. Hasil dari analisis tersebut akan didapatkan hasil kesimpulan berdasarkan penelitian yang dilakukan.

3. Wawancara

Dalam metode ini penulis melakukan penelitian dengan cara melakukan wawancara kepada pihak-pihak yang berkompeten dalam bidangnya yang terkait dengan penelitian tugas akhir ini. Penulis melakukan wawancara dengan pihak PT. KAI (Kereta Api Indonesia) selaku pihak yang berkompeten dalam bidang perkeretaapian serta ahli konstruksi yang mengerti tentang konstruksi rel kereta api. Dari hasil wawancara tersebut dapat dijadikan acuan untuk melakukan analisa pada penulisan Tugas Akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan uraian tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penyusunan, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori yang mendukung dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas tentang perancangan sistem yang akan digunakan berupa perangkat keras dan perangkat lunak serta mekanisme cara kerja sistem tersebut.

BAB IV ANALISA HASIL PENGUKURAN

Bab ini menguraikan tentang perolehan hasil dari pengukuran dari sistem yang telah dirancang serta menganalisa hasil tersebut sehingga diperoleh hasil yang diinginkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari analisa hasil pengukuran yang telah dilakukan serta saran yang layak dilakukan apabila penelitian ini dilakukan lebih lanjut.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian kualitas rel kereta api didapatkan nilai tertinggi sebesar 207.54 dan nilai terendah sebesar 121.36, maka dapat dikategorikan kualitas rel kereta api tersebut dalam kategori baik dengan nilai indeks kualitas rel kereta api berada di atas nilai 100.
2. Getaran pada rel kereta api tidak dapat dijadikan acuan untuk mengetahui kualitas dari suatu rel kereta api, tetapi dapat menunjukkan tingkat kerusakan yang terjadi pada rel kereta api tersebut. Kualitas rel kereta api ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya gaya kontak antar roda dan rel kereta api, gaya pengereman, suhu lingkungan, longgarnya baut penambat rel, dan jenis perawatan.
3. Pada hasil pengukuran modul Zigbee sebagai media pengiriman data didapatkan jarak maksimum yaitu 100 meter dengan hasil pengukuran BER (*Bit Error Rate*) sebesar $2,8 \times 10^{-4}$ dan nilai RSL (*Receive Signal Level*) yang terukur -96,59 dBm. Nilai BER dan RSL dipengaruhi oleh jarak antar modul Zigbee. Semakin besar jarak akan menyebabkan penurunan level daya terima dan akan meningkatkan nilai BER. Jarak maksimum modul zigbee dapat mengirimkan data yaitu sebesar 100 meter.
4. Dengan mengintegrasikan antara sensor *accelerometer* ADXL345, mikrokontroler ATMega128, dan *desktop* melalui program *hyperterminal* serta menggunakan modul zigbee sebagai media pengiriman data, maka dapat direalisasikan sistem *monitoring* getaran rel kereta api di lapangan untuk mengetahui kualitas rel kereta api.

5.2 Saran

1. Apabila Tugas Akhir ini akan dilanjutkan, sebaiknya dapat menggunakan parameter lain yang dapat menggambarkan kualitas rel kereta api yang sebenarnya dan menggunakan referensi yang sudah definitif.
2. Sensor diletakkan di dalam kereta api sehingga dapat mengetahui rel mana saja yang kurang baik sepanjang kereta api berjalan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abadi, Muslim. 2010. *Rancang Bangun Alat Pengukur Langkah Kaki Dengan Sensor Accelerometer dan Fasilitas Komunikasi Wireless 2,4 Ghz*, Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [2] Analog, 2009, *Technical Information For ADXL345*, <http://www.analog.com>
(diakses pada 12 April 2013)
- [3] Arifudin, Muhammad. 2010. *Studi Eksperimen Pengaruh Vibrasi Akibat Beban Dan Laju Kereta Api Terhadap Nilai Vertikal Displacemen Pada Timbunan Jalan Kereta Api Dengan Alat Piezoelectric Accelerometer*, Fakultas Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
- [4] Atmel Corporation. 2010. *8-bit AVR Microcontroller In-System Programmable Flash ATmega128*. USA: Atmel®
- [5] Giancoli, Douglas C., 2001, *Fisika Jilid I (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga
- [6] How does Zigbee compare with other wireless standars? http://www.stg.com/wireless/ZigBee_comp.html
(diakses pada 11 Juli 2013)
- [7] IEEE 802.15.4 Standard, *Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*, IEEE New York, Oktober 2003
- [8] *Masterbook Kursus Pengawasan Perawatan Jalan Rel. Track Maintenance Supervision Course*, PJKA 1986.
- [9] PJKA. 1986. *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10)*. Bandung.
- [10] PJKA. 1986. *Penjelasan Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel. (Peraturan Dinas No.10)*. Bandung.
- [11] Putra Tama, Harka. 2010. *Perancangan dan Implementasi Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis IEEE 802.15.4/Zigbee*, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia.

- [12] Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR ATmega 8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika.
- [13] <http://www.db9-pinout.com/>
(diakses pada 15 Mei 2013)
- [14] http://www.ebay.com/itm/9DOF-ArduIMU-9-Degrees-of-Freedom-IMU-includes-ITG-3205-ADXL345-and-HMC5883L-/280920606566?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item41682c4766
(diakses pada 30 Agustus 2013)
- [15] http://www.ebay.com/itm/ZigBee-Module-RS232-Debug-interface-CC2530F256-Chip-/330635558439?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4cfb6a3e27
(diakses pada 5 April 2013)
- [16] <http://jimmyrahadiansyah.wordpress.com/2010/10/05/ic-max232/>
(diakses pada 15 Mei 2013)
- [17] http://en.wikibooks.org/wiki/Serial_Programming/RS-232_Connections
(diakses pada 15 Mei 2013)
- [18] <http://id.wikipedia.org/wiki/Getaran>
(diakses pada 7 Mei 2013)
- [19] http://id.wikipedia.org/wiki/Gerak_harmonik_sederhana
(diakses pada 7 Mei 2013)
- [20] http://id.wikipedia.org/wiki/Lebar_trak
(diakses pada 8 Mei 2013)
- [21] <http://id.wikipedia.org/wiki/Rel>
(diakses pada 8 Mei 2013)
- [22] <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
(diakses pada 12 Mei 2013)