

HASIL UJI COBA DARI PENGEMBANGAN SISTEM PENGUJIAN RIDE INDEX FASILITAS UJI DINAMIKA KERETA API (FUDIKA)

TEST DRIVE RESULT OF RIDE INDEX DEVELOPMENT SYSTEM AT DYNAMIC TEST FACILITY

Mustari Lamma

Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri dan Sistem Transportasi,
Deputi Bidang TIRBR, BPPT

Kawasan PUSPIPTEK, Gedung Teknologi 2, Serpong, Tangerang Selatan
antee55@yahoo.com dan mustarilamma@gmail.com

Submitted: 30 Januari 2013, Review 1: 20 Februari 2013, Review 2: 28 Februari 2013, Eligible articles: 18 Maret 2013

ABSTRACT

In line with the increasing of public demand for rail transport services, BPPT has designed and developed technology instrumentation systems for dynamic testing trains, named Fudika (Dynamic Test Facility Train). One of the dynamic test equipment from the train is ride index test which is the result of it directly related to the rail transport passenger comfortable. At the beginning, ride index test first performs for periodic test was being applied, partially and not in the real time in addition the technology was very simple. With the increasing large number of trains that need to be tested, for the first or periodic test according Railway Act No. 23 Year 2007, so it requires an efficient and effective test. The solution of the instrumentation system problem to test the ride index is by developing an integrated testing system that can perform test for 10 trains in one series at the same time for real time test. The results of the development on partial test into an integrated system, has been tested on several types of railways train at Madiun-Walikun crossings with a satisfying result which indicates that fudika instrumentation system well applied.

Keywords: test train, instrumentation systems, ride index.

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya tuntutan masyarakat akan jasa transportasi kereta api, BPP Teknologi telah merancang dan mengembangkan sistem instrumentasi untuk pengujian dinamis kereta api yang diberi nama Fudika (Fasilitas Uji Dinamika Kereta api), salah satu kelengkapan dari uji dinamis kereta api tersebut adalah uji ride indeks yang hasilnya berkaitan langsung dengan tingkat kenyamanan penumpang diatas kereta. Pada awalnya pengujian ride indeks untuk melakukan uji pertama dan uji berkala dilakukan secara parsial dan tidak real time, disamping itu teknologi yang digunakan masih sangat sederhana. Dengan semakin banyaknya jumlah kereta yang akan diuji, baik uji pertama maupun uji berkala dan sesuai amanah Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkertaapian, perlu dipikirkan cara pengujian yang lebih efisien dan efektif. Solusi dari persoalan sistem instrumentasi untuk pengujian ride indeks yang telah diuraikan diatas pada awalnya dilakukan secara parsial dan tidak real time selanjutnya dikembangkan menjadi sistem pengujian terpadu yang dapat menguji ride indeks 10 kereta dalam satu rangkaian pada waktu yang bersamaan secara real time. Hasil dari pengembangan pengujian secara parsial menjadi sistem pengujian terpadu telah diuji coba pada beberapa jenis kereta/gerbong pada lintasan Madiun-Walikun dengan hasil cukup memuaskan dalam arti sistem instrumentasi Fudika tersebut bekerja dengan baik.

Kata Kunci: kereta uji, sistem instrumentasi, ride index.

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya kualitas hidup manusia dan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, tuntutan pemenuhan jasa transportasi khususnya kereta api bukan hanya sekedar bisa memenuhi mobilitas manusia dan barang, melainkan dalam pemenuhan kebutuhan mobilitas tersebut industri kereta api dituntut untuk memenuhi beberapa hal antara lain keselamatan perjalanan (*safety*), keamanan (*security*), kenyamanan (*comfortness*), ketepatan waktu (*punctuality of schedule*).

Seiring dengan hal tersebut, pada tahun 2007 telah dibuat Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007, tentang Perkeretaapian. Dalam

Undang-Undang tersebut diatur antara lain seperti terlihat pada pasal 68 ayat (1) yang mengatur bahwa untuk menjamin kelayakan prasarana perkeretaapian, wajib dilakukan pengujian dan pemeriksaan, dan ayat (2) mengatur tentang pengujian prasarana perkeretaapian dilakukan oleh pemerintah dan dapat dilimpahkan kepada badan hukum atau lembaga yang mendapat akreditasi dari pemerintah. Sedangkan pasal lain yang diatur pada Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 adalah pengujian sarana yang diatur pada pasal 98.

Sehubungan dengan hal tersebut, ditambah dengan semakin banyaknya kereta/gerbong yang akan diuji setiap tahunnya, sehingga perlu dipikirkan untuk

mengembangkan suatu perangkat sistem instrumentasi yang lebih efektif dan efisien serta dapat merekam dan menampilkan data secara *realtime* baik untuk mengetahui hasil dari kereta atau gerbong yang telah diuji maupun keperluan *engineering*. Berkaitan dengan hal itu telah dilakukan penyelesaian/pengembangan rancang bangun fasilitas uji dinamika kereta api yaitu suatu laboratorium berjalan (kereta uji) yang mampu menguji getaran dan *ride index* 10 buah kereta dalam waktu bersamaan dalam satu rangkaian, sehingga pengaruh antara satu kereta dengan yang lainnya dapat diketahui. Pengembangan sistem instrumentasi tersebut dimaksudkan untuk menggantikan fungsi kereta uji yang dimiliki pada saat itu, yaitu kereta uji peninggalan Belanda buatan tahun 1923, yang hasilnya tidak dapat diketahui secara *real time*.

Fasilitas uji dinamika kereta api setiap tahun selalu dikembangkan seiring dengan berkembangnya teknologi sistem instrumentasi agar hasil yang diperoleh dari pengujian *ride index* tersebut mendapatkan hasil yang maksimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian *ride index* dari sistem instrumentasi yang telah dikembangkan, dengan melakukan pengujian dari Madiun ke Walikukun. Adapun pemilihan jalur Madiun-Solo sebagai daerah pengujian karena lokasi industri perkeretaapian berada di Madiun, dan lintas Madiun-Solo dianggap *tracknya* cukup baik dan tidak banyak belokan sehingga pengujian dapat dilakukan dengan kecepatan yang konstan.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Getaran dan Ride Index

Definisi getaran adalah gerak proyeksi sebuah titik yang bergerak melingkar beraturan, yang setiap saat diproyeksikan pada salah satu garis tengah lingkaran. Gaya yang bekerja pada gerak ini berbanding lurus dengan simpangan benda dan arahnya menuju ke titik setirnbangnya.

Menurut M. Subiyanto (1980) bila kereta/gerbong dalam kondisi berjalan, akan timbul getaran vertikal, horizontal dan longitudinal yang diakibatkan oleh kondisi jalan rel baik lenturan maupun sambungan jalan rel, sedangkan bila kereta/gerbong dalam keadaan diam tidak mengalami getaran.

Getaran yang paling dirasakan oleh penumpang adalah getaran dalam arah vertikal dan horizontal. Disamping itu getaran horizontal dan vertikal juga sebanding dengan kecepatan kereta/gerbong. Adapun getaran sebagai akibat kondisi rel dianggap sebagai gelombang sinus.

Getaran yang mempengaruhi keamanan dan kenyamanan pada kereta/gerbong selanjutnya dapat dilakukan evaluasi dengan cara melihat *ride characteristics* dan *ride index*.

1. *Ride index*, adalah suatu indeks yang diturunkan dari akselerasi dan frekuensi getaran, baik getaran vertikal maupun getaran horisontal. nilai *ride index* tersebut memberi isyarat tentang keamanan maupun kenyamanan penumpang/muatan. Nilai *ride index* ini dapat dikelompokkan mulai dari yang terbaik (*very good*), sampai dengan yang terjelek (*dangerous*).
2. *Ride characteristics* menggambarkan variasi getaran kereta/gerbong yang dinyatakan dalam besaran g (*meter/detik²*), baik getaran vertikal maupun getaran horizontal pada berbagai kecepatan, yang nilainya tidak boleh melebihi nilai standar.

B. Ride Index Vertikal

Ride index untuk getaran arah vertikal dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$I_{ver} = 0,896 \sqrt[3]{0,325 a_v^3 f_v} \quad \text{—————} (1)$$

Dimana:

I_{ver} : *Ride index* getaran arah vertikal

a_v : Akselerasi getaran arah vertikal

f_v : Frekuensi getaran arah vertikal

C. Ride Index Horizontal

Rumus yang digunakan untuk menghitung *ride index* getaran arah horizontal dapat dilakukan berdasarkan persamaan:

$$I_{hor} = 0,896 \sqrt[3]{0,8 a_h^3 f_h} \quad \text{—————} (2)$$

Dimana:

I_{hor} : *Ride index* getaran arah horisonal

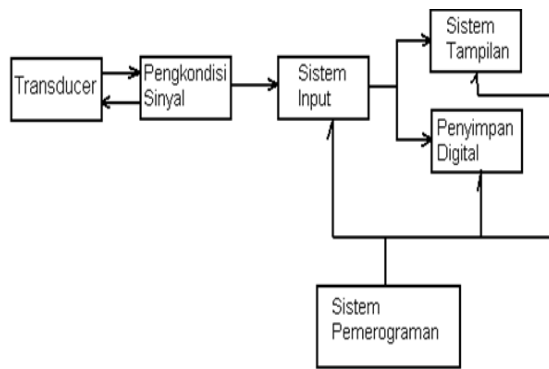
a_h : Akselerasi getaran arah horisonal

f_h : Frekuensi getaran arah horisonal

Ride index kereta/gerbong yang diuji dapat dihitung menggunakan kedua persamaan di atas yang direkam pada saat gerbong/kereta berjalan pada kecepatan konstan. Bila rekaman dilakukan dengan menggunakan elektronik, maka bentuk rekamannya menggunakan *Fast Furier Transform* (FFT).

D. Sistem Instrumentasi Ride Index

Sistem instrumentasi kereta uji secara umum terdiri atas *transduser*, pengkondisi sinyal, peralatan tampilan, dan peralatan rekaman yang dirangkum dari Program Dokumen "Pengujian Keandalan Gerbong Kereta Api" (2011) dan "Rekomendasi Hasil Uji Keandalan Gerbong Kereta Api" (2012).



Gambar 1. Elemen Dasar Sistem Instrumentasi

E. Transducer

Transducer sebagai alat untuk mengubah besaran fisika, berupa getaran vertikal dan getaran horizontal menjadi sinyal listrik, terdiri atas dua *accelerometer* yang dipasang pada lantai masing-masing kereta yang diuji. Kedua *accelerometer* tersebut berfungsi mengukur getaran vertikal yang terasa pada lantai kereta/gerbong dan getaran horizontal yang terasa pada lantai masing-masing gerbong.

Accelerometer yang digunakan/dipilih adalah *accelerometer* yang *build-in* di dalam pengkondisi sinyal sehingga output *accelerometer* dengan arus listrik DC 4 mA sampai dengan 20 mA. Spesifikasi teknik *accelerometer* yang digunakan untuk pengembangan sistem instrumentasi (Hilda Luthfiah, 2012) adalah sebagai berikut:

Dynamic Ranges	: +/- 10 G
Range	: 4-20 mA for 50 G
Transverse Sensitivity	: Less than 5%
Temperature Sensitivity	: 0.145/°F
Frequency Range	: 2 Hz to 1 kHz +/- 10%
Amplitude Linearity	: Better than 1% linearity
Mounted Base Resonance	: 5 kHz
Temperature, Operating	: 10° to 210° F
Sealing	: IP67/Nema 4
Input	: Voltage
Output	: 4-20 mA for 10 G
Supply Voltage	: 12-32 V
Cable (AG907)	: Stainless Steel overbraided PTFE
Electrical Noise	: 0.3 mG max.
Isolation	: Base isolated

F. Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal berfungsi mengubah sinyal data dari *accelerometer* dalam besaran arus

listrik DC menjadi tegangan listrik DC yang akan dibaca oleh komputer.

Pengkondisi sinyal yang digunakan/dipilih adalah produk *Advantex* tipe ADAM-3014 dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk pengembangan sistem instrumentasi (Gregorius G. Antariksa, 2012) sebagai berikut.

1. Voltage input

- Bipolar input*
±10 mV, ±50mV, ±100mV, ±0.5V, ±1V, ±5V, ±10V
- Unipolar input*
0~10 mV, 0~50 mV, 0~100 mV, 0~500 mV, 0~1 V, 0~5 V, 0~10 V
- Input impedance* : 2 MW
- Input bandwidth* : 2.4 kHz (typical)

2. Current input

- Bipolar* : ±20 mA
- Unipolar* : 0~20 mA
- Input impedance* : 250 W (typical)

3. Voltage output

- Bipolar* : ±5 V, ±10 V
- Unipolar* : 0~10 V
- Impedance* : <50 W
- Drive* : 10 mA maximum

4. Current output

- Current* : 0~20 mA
- Current load resistor* : 0~500 W (source)

5. Power

- Range* : 24 VDC ±10%
- Consumption* : 0.85 W (voltage output)
- 1.2 W (current output)

G. Sistem I/O

Sistem I/O ini merupakan gabungan antara *scanner*, pengkonversi sinyal dan ADC (*analog-to-digital converter*). Peralatan ini mengkonversi data mentah menjadi data teknis yang siap direkam pada suatu media penyimpanan atau ditampilkan pada peralatan tampilan. Peralatan ini diintegrasikan dalam suatu komputer pribadi. Sistem *input/ output* yang digunakan/dipilih adalah produk *advantec* tipe PCI-1713.

H. Sistem Pemrograman

Sistem pemrograman adalah bagian dari instrumen yang digunakan untuk menjalankan suatu program dan pemrosesan data digital. Fungsi tersebut berupa *Central Processing Unit* (CPU) dari suatu komputer pribadi.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengembangan sistem pengujian *ride index* yang pada awalnya dilakukan secara parsial, tidak *real time* menjadi sistem yang dapat menguji 10

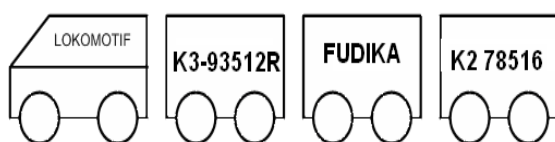
rangkaian kereta/gerbong secara bersamaan dan hasil pengujian yang dapat diketahui secara *real time*, diawali dengan melakukan kajian literatur terutama tentang sistem instrumentasi ditambah dengan diskusi yang intensif dengan instansi yang terkait seperti, Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, PT. INKA Madiun, PT. Kereta Api Indonesia (Persero), untuk membuat rancang bangun sistem instrumentasi. Dari diskusi dan arahan yang diperoleh dari instansi terkait tersebut selanjutnya dibuat desain dan rancang bangun yang dilanjutkan dengan perakitan sistem instrumentasi yang terdiri atas sistem sensor, sistem akuisisi dan sistem tampilan. Adapun sistem akuisisi dipasang diatas kereta uji FUDIKA secara tetap sedangkan sistem sensor dipasang di atas kereta atau gerbong yang akan diuji dengan menggunakan kabel.

Pekerjaan berikutnya adalah menentukan cara untuk menghitung dan menentukan metode analisa *ride index*. Untuk menghitung dan melakukan analisa terhadap *ride index* dari kereta/gerbong yang diuji terhadap tingkat keamanan dan kenyamanan, digunakan metode yang dikemukakan oleh *Emil Sperling* dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Kereta Api di Jerman Barat (*Zentral Versuchsamts der Deutschen Bundesbahn*), yang telah melakukan penelitian dan mengemukakan pendapatnya bahwa “*human body*” sangat peka terhadap frekuensi. Untuk menghitung *ride index* kereta atau gerbong pada kecepatan dinasnya diperlukan data tentang akselerasi rata-rata pada suatu interval waktu tertentu. Apabila rekaman data dilakukan dalam bentuk rekaman elektronik maka menggunakan *Fast Furier Transform* (FFT).

Adapun tahap akhir dari penelitian ini adalah melakukan pengujian dari Madiun sampai dengan Walikukun, yang diawali dengan kecepatan 50 km/jam sampai dengan 80 km/jam dengan posisi kereta uji (FUDIKA) adalah di belakang lokomotif. Kereta uji dihubungkan dengan kereta yang akan diuji dengan menggunakan kabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

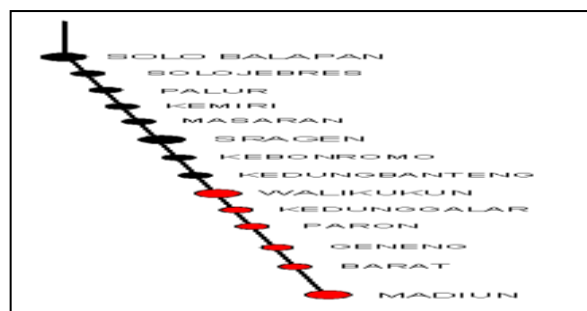
Untuk melakukan pengujian sekaligus analisa terhadap sistem instrumentasi fasilitas uji dinamika kereta api yang telah dikembangkan, selanjutnya dilakukan uji fungsi sistem dengan menggunakan 2 buah kereta (Syamsul Kamar, 2012 dan 2012).



Gambar 2. Rangkaian Pengujian

Agar semua sistem yang telah dirakit menjadi suatu sistem instrumentasi maka pada tiap-tiap kereta yang akan diuji dipasang beberapa alat sehingga dapat diasumsikan mewakili 5 (lima) kereta yang diuji sehingga pada masing-masing kereta dipasang 5 (lima) pasang *accelerometer*.

Setelah semua alat ukur dipasang diatas kereta yang akan diuji, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada lintas antara Madiun dan Solo. Adapun alasan lintasan Madiun dan Solo dipilih sebagai lokasi uji coba sistem instrumentasi *ride index*, karena di Pulau Jawa belum ada *track* yang dapat digunakan khusus untuk pengujian, disamping itu industri kereta api dalam hal ini PT. INKA dekat lintasan antara Madiun dan Solo, hal lain yang menjadi pertimbangan adalah lintasan Madiun sampai Solo tidak mempunyai banyak belokan, sehingga pengambilan data uji untuk keperluan analisa dapat dilakukan pada kecepatan konstan untuk semua kecepatan yang direncanakan, terutama untuk kecepatan tinggi.



Gambar 3. Lintas Madiun-Solo

Namun pada kesempatan ini uji coba sistem instrumentasi Fudika untuk pengujian getaran dan *ride index* saja, sehingga diputuskan untuk melakukan pengujian dari Madiun sampai dengan Walikukun.

Adapun urutan pengujian dilaksanakan mulai dari kecepatan 50 km/jam sampai dengan 80 km/jam.

Tabel 1. Kecepatan Pengujian

No.	Kecepatan (V dalam Km/Jam)	
1	50	<i>Test Ride Index</i>
2	60	
3	70	
4	80	

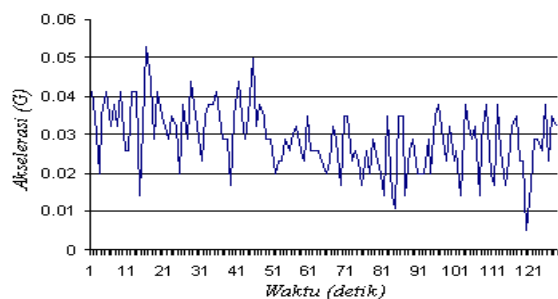
Urutan pelaksanaan pengujian dengan kecepatan adalah sebagai berikut:

1. Kereta ditarik oleh lokomotif sampai mencapai kecepatan 50 km/jam. Lokomotif diusahakan tetap pada kecepatan tersebut, kemudian data direkam pada piranti penyimpan data kurang lebih selama 1 (satu) menit.
2. Kecepatan lokomotif dinaikkan sampai mencapai kecepatan 60 km/jam. Kecepatan

tersebut diusahakan konstan untuk dilakukan perekaman data kurang lebih selama 1 (satu) menit.

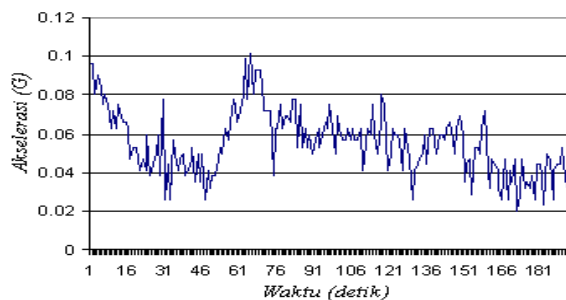
3. Kecepatan lokomotif dinaikkan lagi sampai mencapai kecepatan 70 km/jam. Kecepatan tersebut diusahakan konstan untuk dilakukan perekaman data kurang lebih selama 1 (satu) menit.
4. Kecepatan lokomotif dinaikkan lagi sampai mencapai kecepatan 80 km/jam. Kecepatan tersebut diusahakan konstan untuk dilakukan perekaman data kurang lebih selama 1 (satu) menit.
5. Pengujian selesai.

Hasil rekaman pengujian sistem instrumentasi, sebagai contoh rekaman memperlihatkan getaran vertikal setiap kecepatan yang dirasakan oleh kereta pertama.

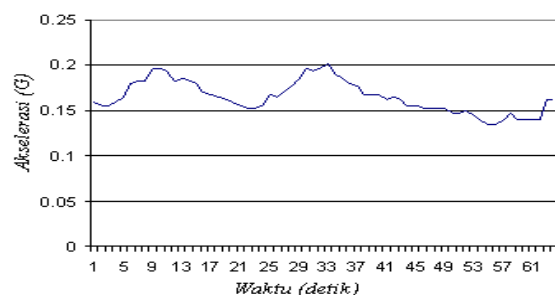


Gambar 4. Getaran Vertikal Kereta 1 Pada Kecepatan 50 km/jam

Pada kecepatan 50 km/jam dan 60 km/jam akselerasi maksimum masih relatif kecil yaitu lebih kecil dari 0,04 G. Sedangkan kecepatan yang lebih kecil dari 40 km/jam hampir tidak terdeteksi.

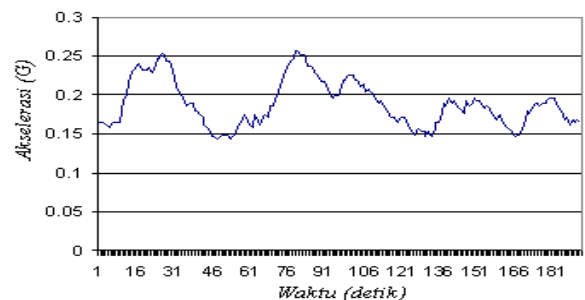


Gambar 5. Gerakan vertikal kereta 1 pada Kecepatan 60 km/jam



Gambar 6. Getaran Vertikal Kereta 1 pada Kecepatan 70 km/jam

Selanjutnya rekaman memperlihatkan bahwa akselerasi maksimum getaran pada kecepatan 70 km/jam lebih besar dari akselerasi getaran kereta pada kecepatan 60 km/jam yaitu 0,2 G lebih besar dari 0,1 G.



Gambar 7. Getaran Vertikal Kereta 1 pada Kecepatan 80 km/jam

Akselerasi maksimum getaran pada kecepatan 80 km/jam lebih besar dari akselerasi getaran kereta pada kecepatan 70 km/jam yaitu 0,25 G lebih besar dari 0,2 G.

KESIMPULAN

Dari hasil uji coba *ride indeks* yang telah dilakukan pada lintas antara Madiun dan Walikukun, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

Sistem instrumentasi telah dikembangkan dari suatu sistem yang hanya dapat melakukan pengujian secara parsial dan tidak *real time* menjadi suatu sistem instrumentasi pengujian terpadu secara *real time* dan dapat menguji suatu rangkaian kereta yang terdiri dari 10 unit kereta, menggunakan *transducer*, *accelerometer*, pengkondisi sinyal, dan sistem I/O. Untuk membuktikan sistem instrumentasi dapat bekerja dengan baik, telah dilakukan uji fungsi secara terintegrasi dari semua sistem instrumentasi antara Madiun-Walikukun dengan urutan pengujian yang dilaksanakan mulai dari kecepatan 50 km/jam sampai dengan 80 km/jam. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dibuktikan bahwa sistem instrumentasi dapat bekerja dengan baik, pada tampilan monitor menunjukkan akselerasi maksimum yang terukur berada pada interval getaran kereta yang diuji yaitu lebih kecil dari 0,5 G.

UCAPAN TERIMA KASIH

Perkenankanlah kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan;
2. PT. INKA Madiun;
3. PT. KAI (Persero), Bandung

yang telah bekerjasama dan memberikan bantuan dan masukan kepada tim peneliti dari Pusat Teknologi Informasi Sistem Transportasi

(PTIST), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), mulai dari desain dan rancang bangun, pelaksanaan pengujian dan lain sebagainya, sehingga penelitian ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Antariksa, Gregorius. G. 2012. *Spesifikasi Pengkondisian Sinyal untuk Pengembangan Sistem Instrumentasi FUDIKA*. Technical Note. Jakarta: BPPT.
- Johnson, Curtis, D. 1982. *Process Control Instrumentation Technologie*. United States of America: John & Wiley & Sons Inc.
- Kamar, Syamsul. 2012. *Menuju Akreditasi FUDIKA*. Paper Ilmiah disampaikan pada Semiloka, PTIST, TIRBR. Jakarta: BPPT.
- Kamar, Syamsul. 2012. *Uji Ride Indeks Sarana Kereta Api*. Majalah Ilmiah Pengkajian Industri. Volume 6 Nomor 2, Agustus 2012. Jakarta: BPPT.
- Luthfiah, Hilda. 2012. *Spesifikasi Accelerometer untuk Pengembangan Sistem Instrumetasi FUDIKA*. Technical Note. Jakarta: BPPT.
- PTIST. 2012. *Rekomendasi Hasil Uji Kehandalan Gerbong Kereta Api*. Laporan Akhir (*Program Document*). Jakarta: BPPT.
- S.T. Allworth & R.N. Zobel. 1989. *Introduction to Real-time Software Design*. Second Edition. Hongkong Macmillan Education Ltd.
- Subiyanto, M. 1980. *Dinamika Kendaraan Rel*. Bagian II. Cetakan ke 3. Bandung: CV. Komala.
- W.D, Cooper. 1978. *Electronic Instrumentation and Measurement Technique*. United States of America: Prentice/Hall. Second Edition.
- W.D, Coover & A.D, Helfrick. 1989. *Electronic Instrumentation and Measurement Techniques*. New Delhi, India: Prentice-Hall of India.
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian.