



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH GETARAN TERHADAP PENUMPANG KERETA
BERDASARKAN *SPERLING'S RIDE INDEX***

TESIS

**MEIYANNE LESTARI
NPM 1006735246**

**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
2013**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH GETARAN TERHADAP PENUMPANG KERETA
BERDASARKAN *SPERLING'S RIDE INDEX***

TESIS

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**MEIYANNE LESTARI
1006735246**

**FAKULTAS TEHNIK
PROGRAM STUDI TEHNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2013**

HALAMAN PENYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Meiyanne Lestari

NPM : 1006735246

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Juli 2013

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Meiyanne Lestari
NPM : 1006735246
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tesis : Pengaruh Getaran terhadap Penumpang Kereta Api Berdasarkan *Sperling's Ride Index*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Tehnik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Tehnik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Armand Omar Moeis, ST, MSc (.....)

Pembimbing 2 : Maya Arlini P., ST, MT, MBA (.....)

Penguji : Dr. Ing Amalia Suzanti, ST, MSc (.....)

Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Juli 2013

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Disadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan hingga penyusunan tesis ini, sangatlah sulit untuk menyelesaikan tesis ini.

Oleh karena itu, rasa trimakasih saya berikan kepada:

1. Bapak Armand Omar Moeis, ST, MSc dan Ibu Maya Arlini P., ST, MT, MBA selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penyusunan tesis ini.
2. Segenap jajaran dosen Departemen Teknik Industri yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama perkuliahan.
3. Orang tua dan keluarga besar saya yang selalu memberikan doa dan perhatian serta dukungannya.
4. Teman dan sejawat kantor Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi yang memberikan dukungan dan bantuan penelitian.
5. Sahabat Teknik Industri kelas Salemba Tahun 2010 yang telah menemani perkuliahan selama ini, terutama sahabat dekat saya (alm) Hadi Sukmono Wahyutomo.
6. Berbagai pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung penyusunan tesis ini.

Akhir kata semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Salemba, 27 Juni 2013

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meiyanne Lestari
NPM : 1006735246
Program Studi : Magister Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik Industri
Jenis karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH GETARAN TERHADAP PENUMPANG KERETA
BERDASARKAN SPERLING'S RIDE INDEX**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 27-Juni-2013

Yang menyatakan



(Meiyanne Lestari)

ABSTRAK

Meiyanne Lestari
Teknik Industri

Pengaruh Getaran Terhadap Penumpang Kereta
Berdasarkan *Sperling's Ride Index*

Kereta api merupakan alat transportasi massal yang digunakan di Indonesia oleh seluruh lapisan masyarakat. Dengan tingkat kenyamanan dan keamanan yang lebih baik, penumpang kereta api nyaman dan aman berpergian dalam jarak jauh. Tingkat kenyamanan dan keamanan penumpang berdasarkan getaran yang dialami penumpang selama di dalam kereta. *Sperling ride index* digunakan menghitung tingkat kenyamanan dan keamanan penumpang kereta api sehingga getaran yang dirasakan makin berkurang dan tingkat kenyamanan dan keamanannya makin rendah. Pengukuran getaran kereta K3 dilaksanakan pada jalur kereta Madiun – Solo pp untuk kecepatan tertentu menghasilkan tingkat yang baik untuk keamanan dan tingkat yang cukup untuk kenyamanan. Tambahan peredam getaran pada per dan poros tengah di boogie serta perbaikan suspensi kereta dapat mengurangi getaran pada penumpang.

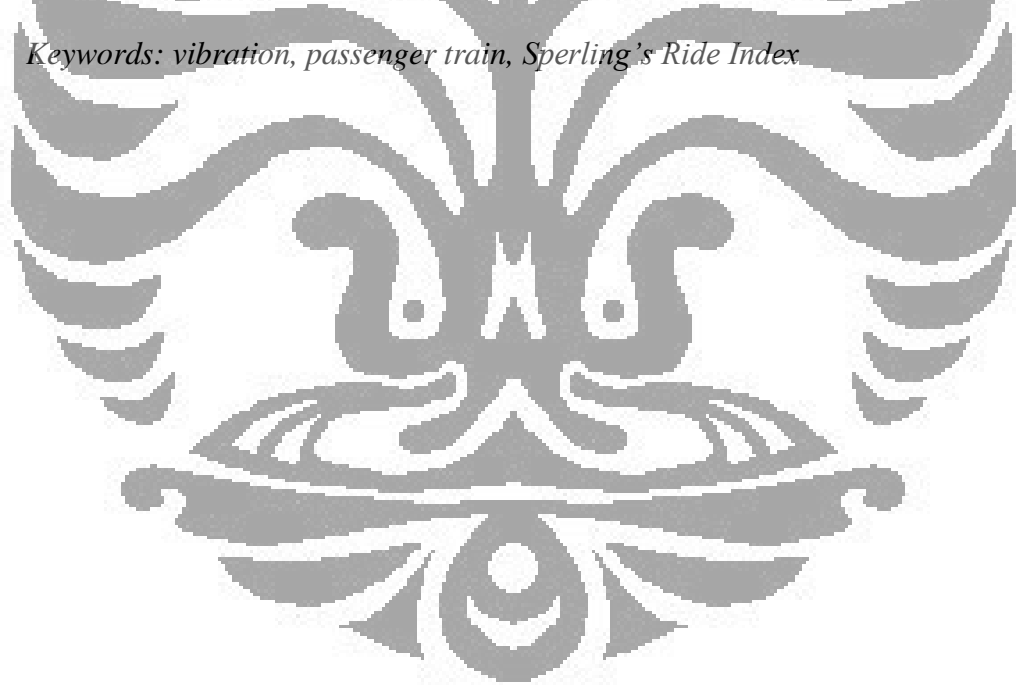
Kata kunci: getaran, kereta, *sperling's ride index*

ABSTRACT

Meiyanne Lestari
Industrial Engineering
*Vibration Effect Against Passenger Train
Based on Sperling's Ride Index*

Rail mass transit is a tool used in Indonesia by the whole society. With a level of better comfort and better safety, passenger travel in comfortable and safe in long distance. Level of passenger comfort and safety of passengers based on vibration experienced during in train. Sperling's ride index used to calculate the level of comfort and security of railway passengers so that the perceived diminishing vibrations and the level of comfort and safety are lower. K3 train vibration measurements carried out on the railway Madison - Solo pp for a given speed produces a good level of security and a level sufficient to comfort. Additional damping vibrations in per and the central axis in the boogie train and suspension repairs can reduce vibration on passengers.

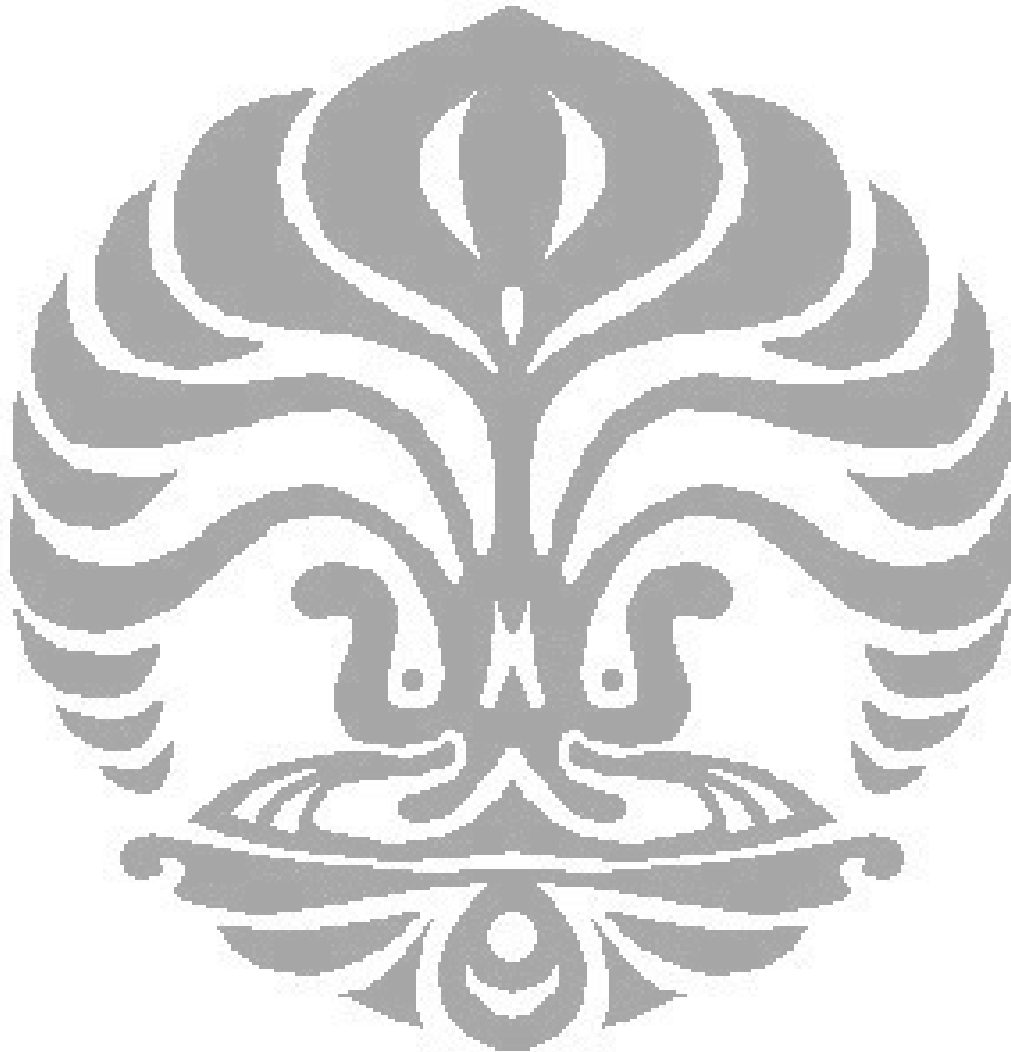
Keywords: vibration, passenger train, Sperling's Ride Index



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISIONALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II STUDI LITERATUR	
2.1 Getaran	8
2.1.1 Definisi Getaran	8
2.1.2 Jenis Getaran	8
2.1.3 Alat Ukur Getaran	9
2.1.4 Getaran Pada Kereta	10
2.2 Hubungan Getaran dan Penumpang Kereta	11
2.3 Kereta Penumpang	11
2.4 Pengujian Dinamis dan Statis Kereta	13
2.5 <i>Ride Index</i>	13
2.6 <i>Sperling's Index</i>	14
BAB III PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN <i>RIDE INDEX</i>	
3.1 Alat Ukur	17
3.2 Lokasi Pengukuran	17
3.3 Benda Uji	18
3.4 Penempatan Sensor	19
3.5 Materi Pengukuran	19
3.6 Pelaksanaan Pengukuran	20
3.7 Data Hasil Pengukuran	22
3.8 Perhitungan <i>Ride Index</i>	
BAB IV ANALISA <i>RIDE INDEX</i>	
4.1 Analisa <i>Sperling's Ride Index</i>	28

4.2	Analisa ISO 2631	33
4.3	Analisa <i>Human Factor</i>	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Keseimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR REFERENSI		39
LAMPIRAN		



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain yang terbagi menjadi 3 (tiga) matra yaitu darat, laut dan udara. Selain itu, terdapat pembagian bidang-bidang transportasi menurut ilmu yang berkembang pada bidang transportasi, yaitu sistem, sarana dan prasarana. Untuk memenuhi keinginan manusia berpindah tempat, manusia menggunakan alat transportasi atau sarana transportasi. Pada matra darat, bermacam-macam sarana transportasi dapat digunakan, antara lain : kendaraan roda empat yaitu mobil kendaraan roda dua yaitu motor, bus dan kereta api untuk angkutan transportasi massal, dan juga truk untuk angkutan barang.

Kereta api sebagai salah satu moda transportasi massal didorong untuk menjadi penunjang utama pembangunan nasional Indonesia, selain memenuhi tingkat perjalanan komuter bagi kota-kota besar di Indonesia. Pemenuhan industri jasa kereta api dalam hal keselamatan perjalanan (*safety*) dan kenyamanan (*comfortness*) mutlak diperlukan dalam rangka meningkatkan pelayanan jasa kereta. Hal ini selaras dengan ilmu *human factors* atau *ergonomic* yang menjadi acuan dalam memenuhi peningkatan kualitas hidup manusia dalam hal keselamatan dan kenyamanan penumpang kereta api.

Ergonomi adalah ilmu untuk menggali dan mengaplikasikan informasi-informasi mengenai perilaku manusia, kemampuan, keterbatasan dan karakteristik manusia lainnya untuk merancang peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, kenyamanan dan efektifitas pekerjaan manusia menurut Chapanis (1985).

Kereta menjadi alat transportasi massal yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia khususnya di Pulau Jawa sehingga kenyamanan dan keselamatan perlu ditingkatkan untuk memenuhi harapan penumpang kereta. Operasional perjalanan kereta api yang menjamin keselamatan dan kenyamanan penumpang dapat diupayakan dengan keandalan sarana kereta yang selalu dalam batas kelaikan teknis, operasional dan komersial.

Dalam upaya memenuhi tujuan tersebut, pada tahun 2007 telah disusun Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 mengenai Perkeretaapian yang didalamnya diatur pengujian sarana kereta api baik kereta yang baru selesai dibangun atau kereta yang telah mengalami perawatan. Pengujian tersebut meliputi uji statis dan uji dinamis bagi pengujian pertama untuk kereta baru dan pengujian berkala untuk kereta yang telah mengalami perawatan. Salah satu pengujian yang dilakukan dalam rangka uji dinamis adalah pengujian dinamis adalah pengujian getaran seperti yang diatur pada PP 56 Tahun 2009.

Salah satu materi yang dilakukan pengujian dalam uji dinamis ini adalah pengujian getaran kereta untuk mendapatkan data tentang akselerasi getaran baik getaran vertical atau getaran horizontal. Akselerasi ini menghasilkan data untuk mengevaluasi *ride characteristic* dan *ride index*. *Ride characteristic* menggambarkan variasi getaran kereta yang dinyatakan dalam besaran g (meter/detik²) pada berbagai kecepatan. Sedangkan *ride index* adalah suatu nilai atau indeks yang diturunkan dari akselerasi dan frekuensi getaran yang memberi isyarat mengenai keamanan maupun kenyamanan penumpang. Nilai *ride index* ini dikelompokkan dari yang terbaik (*very good*) hingga yang terjelek (*dangerous*).

Dalam tesis ini dilakukan pengukuran getaran (*vibration*) dalam kereta penumpang K3 yaitu kereta penumpang untuk penumpang ekonomi pada jalur kereta Madiun – Solo pp, dimana dalam pengukuran ini penyusun dibantu oleh Tim FUDIKA yang mempunyai alat ukur getaran. Hasil dari pengukuran ini akan diformulasi dan dilakukan analisa untuk melihat tingkat kenyamanan penumpang kereta terutama penumpang jarak jauh.

Dr. Andrew N Rimell & Dr. Neil J Mansfield (2006) melakukan pengukuran getaran di atas kereta baik di lantai, kursi penumpang atau bagian lainnya dan dianalisa dengan beberapa kriteria sehingga terjadi getaran yang berpengaruh kepada penumpang hingga paling buruk yaitu tidak dapat ditoleransi.

R. Narayanamoorthy dkk (2007) juga melakukan penelitian diatas kereta di Eropa di lantai kereta dan kuesioner 82 penumpang acak dilakukan, 3 jenis kereta dengan rute tertentu selama 3 hari pelayanan normal, dianalisa dengan

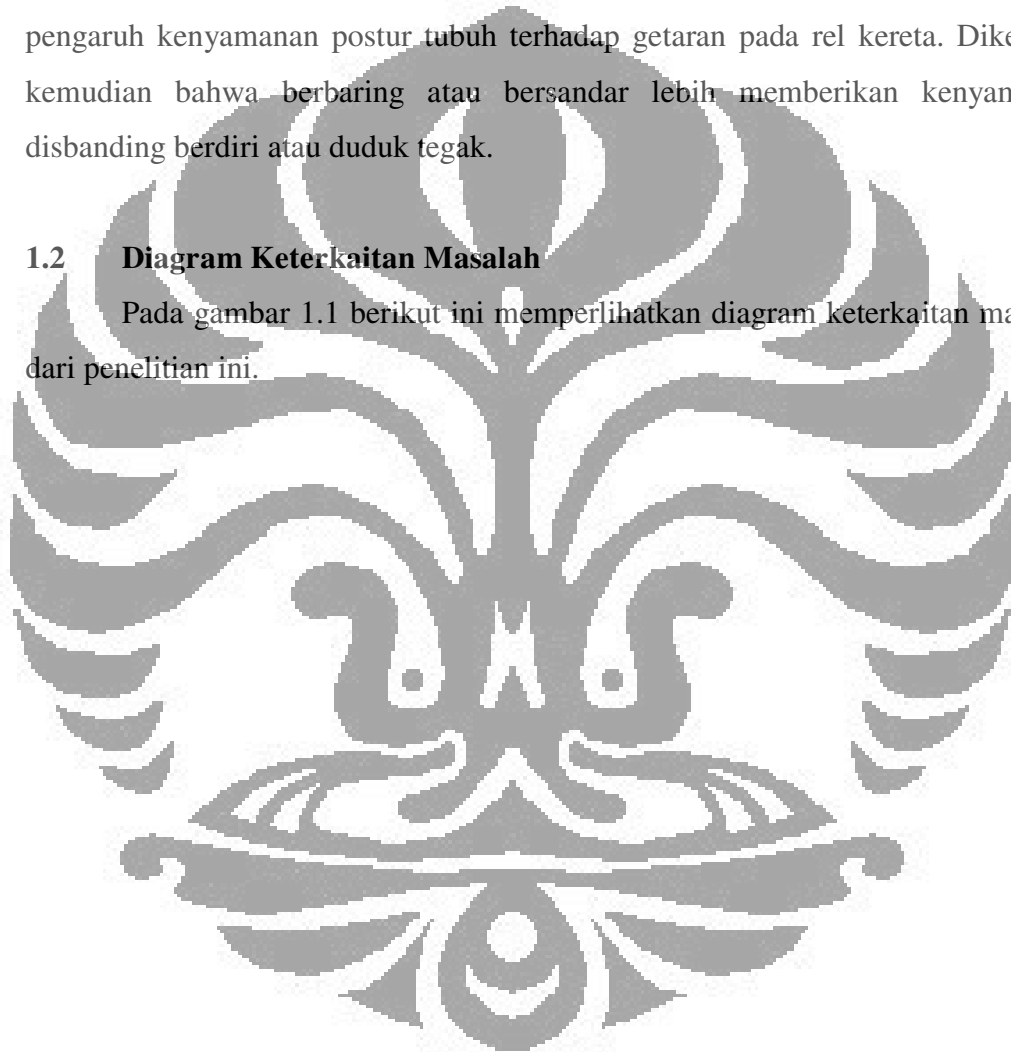
ENV-12999:1999, terlihat bahwa bahkan getaran rendah di kereta mengakibatkan ketidaknyamanan kegiatan pada penumpang.

Ramasamy Narayanamoorthy dkk (2008) melakukan pengukuran getaran di kereta api yang melintasi Swedia dan memberikan gambaran bahwa tingkat getaran kereta termasuk dalam zona nyaman tetapi penumpang kereta tetap merasakan gangguan selama melakukan aktivitas di dalam kereta.

Ing. Drd. Ana PICU (2010) menjelaskan dalam jurnalnya bagaimana pengaruh kenyamanan postur tubuh terhadap getaran pada rel kereta. Diketahui kemudian bahwa berbaring atau bersandar lebih memberikan kenyamanan disbanding berdiri atau duduk tegak.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Pada gambar 1.1 berikut ini memperlihatkan diagram keterkaitan masalah dari penelitian ini.



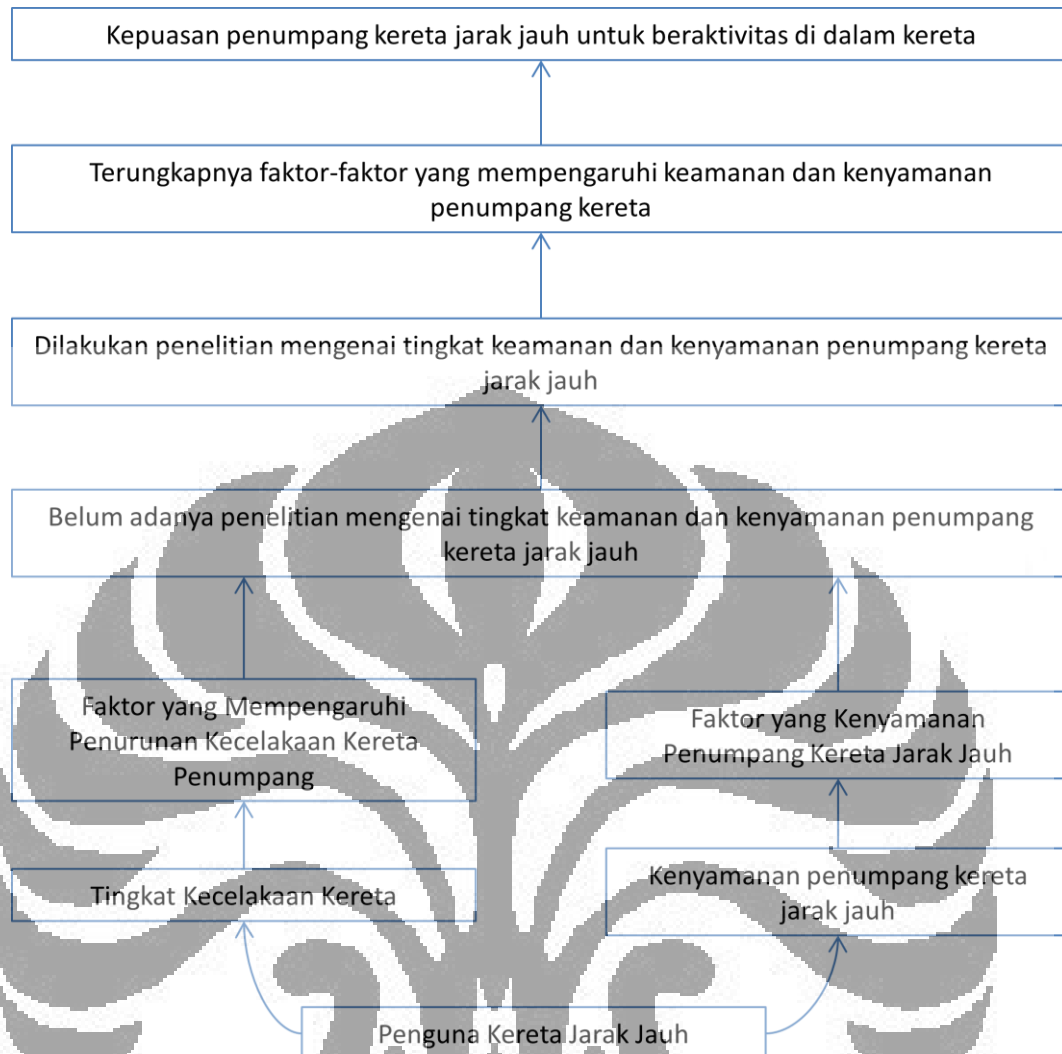


DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang yang tercantum dalam subbab 1.1, masalah yang akan diteliti pada tesis ini adalah kenyamanan penumpang ekonomi jarak jauh terhadap getaran yang ditimbulkan selama dalam perjalanan. Apakah kenyamanan ini sangat berpengaruh terhadap penumpang terutama penumpang kelas ekonomi yang mengalami perjalanan jauh atau sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Dirjen Perhubungan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian mengenai tingkat kenyamanan kereta penumpang ini ditujukan untuk :

- Mengetahui tingkat getaran kereta penumpang terutama kereta ekonomi (K3), dan tingkat getaran yang diperbolehkan untuk penumpang sesuai dengan standard dan perhitungan Sperling.
- Mengetahui indeks kenyamanan dan keamanan berkendara berdasarkan *Sperling Ride Index*.
- Memberikan masukan atau rekomendasi bagi perusahaan pembuat kereta agar dapat memenuhi standar getaran kereta untuk penumpang.
- Memberikan masukan atau rekomendasi agar pelayanan keamanan dan kenyamanan penumpang ditingkatkan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

- Pengukuran getaran dilakukan pada kereta yang baru selesai dibangun atau kereta yang baru selesai mengalami perawatan rutin.
- Pengukuran getaran dilakukan dengan bantuan laboratorium pengujian kereta BPPT pada jalur kereta Madiun – Solo pp.
- Pengukuran getaran dilakukan untuk kecepatan 50 km/jam hingga 80 km/jam selama 1 menit pada tiap-tiap kecepatan.
- Perhitungan getaran dilakukan dengan menggunakan Sperling's ride Index.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tesis ini adalah:

1. Pendahuluan. Langkah pertama ini adalah penyusunan masalah dan penentuan topik pada tesis ini yaitu pengaruh getaran yang timbul terhadap penumpang kereta khususnya kereta ekonomi K3.
2. Penentuan tujuan penelitian. Tujuan penelitian ditentukan agar dalam penelitian *ride index* pada tesis dapat dicapai.
3. Penentuan landasan teori. Langkah selanjutnya adalah mencari teori pendukung untuk mencapai tujuan penelitian ini dimana dasar-dasar ergonomis dan *human factor* menjadi pendukung dalam melakukan analisa pengaruh getaran terhadap penumpang kereta.
4. Penelitian Pendahuluan. Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan teori pendahulu dan beberapa hasil penelitian terdahulu sebagai bahan perbandingan pada perhitungan *ride index*.
5. Pengumpulan data getaran. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data getaran yang dilakukan diatas kereta penumpang K3 untuk kecepatan tertentu di lajur Madiun – Solo pp.
6. Perhitungan *Ride Index*. Setelah tahap pengumpulan data getaran, perhitungan *ride index* dilakukan untuk mendapatkan nilai *ride index* yang dihasilkan dari data yang telah dikumpulkan.
7. Analisa *Ride Index*. Tahap ini dilakukan setelah perhitungan *ride index* diperoleh sehingga dapat diketahui bagaimana getaran berpengaruh terhadap tubuh penumpang keretanya.
8. Kesimpulan dan Saran. Pada tahap ini dilaksanakan kesimpulan dan disusun saran yang mendukung bagi keberlanjutan penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini disusun dalam sub bab mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini akan memberikan gambaran teori-teori pada penelitian sebelumnya yang terkait penelitian ini.

BAB III PENGUMPULAN DAN PERHITUNGAN DATA GETARAN

Pada bab ini akan diisi mengenai bagaimana data diambil atau diukur melalui pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan dengan subyek pengukuran yaitu kereta penumpang untuk kecepatan tertentu di jalur kereta tertentu.

BAB IV ANALISA RIDE INDEX

Bab ini berisikan pengolahan data dengan bantuan perangkat lunak statistika sehingga analisa getaran diperoleh dan dilakukan analisa pengaruh kecepatan terhadap ride index serta keamanan dan kenyamanan penumpang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran yang berguna untuk melakukan penelitian selanjutnya.

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 GETARAN

2.1.1 Definisi Getaran

Getaran adalah suatu gerak bolak-balik di sekitar kesetimbangan. Kesetimbangan di sini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitudo (jarak simpangan terjauh dengan titik tengah) yang sama.

Getaran juga dapat didefinisikan seperti bandul atau pegas yang bergerak yang selalu menuju kepada titik kesetimbangannya, seperti gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Getaran bandul dan getaran benda pada pegas.

2.1.2 Jenis Getaran

Getaran terbagi menjadi dua, yaitu :

- A. Getaran bebas terjadi bila sistem mekanis dimulai dengan gaya awal, lalu dibiarkan bergetar secara bebas. Contoh getaran seperti ini adalah memukul garpu tala dan membiarkannya bergetar, atau bandul yang ditarik dari keadaan setimbang lalu dilepaskan.

- B. Getaran paksa terjadi bila gaya bolak-balik atau gerakan diterapkan pada sistem mekanis. Contohnya adalah getaran kereta.

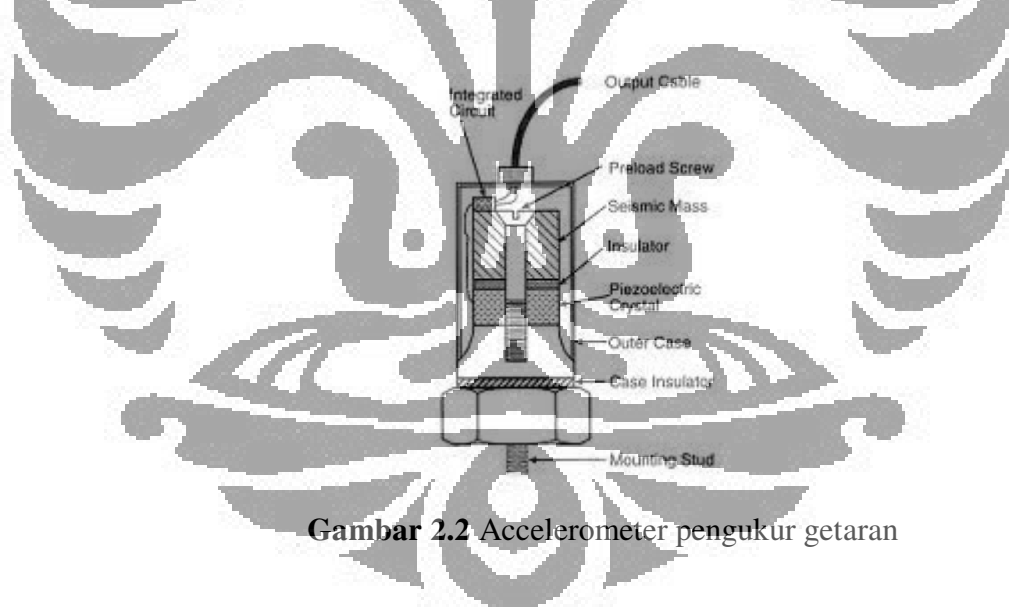
2.1.3 Alat Ukur Getaran

Dalam mengukur getaran, ada beberapa alat yang biasa digunakan, yaitu :

- a. Vibrator meter
- b. Vibrator analysis
- c. Shock pulse meter
- d. Oscilloscope

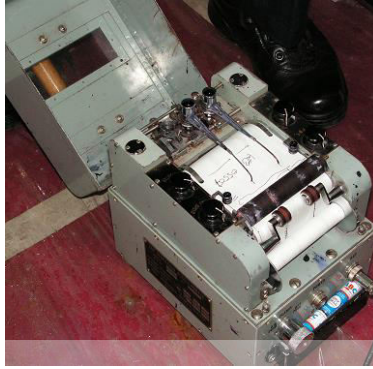
Keempat alat tersebut lebih dikenal sebagai vibrasi meter atau vibrator. Pemilihan tipe alat ukur tersebut tergantung kepada getaran yang akan diukur dan kemampuan alat tersebut.

Dalam pengukuran kereta penumpang pada tesis ini, alat ukur yang dipakai adalah jenis accelerometer seperti gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Accelerometer pengukur getaran

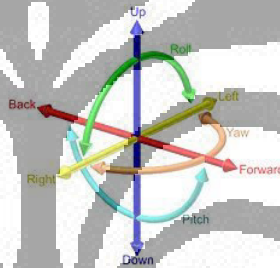
Alat ukur getaran atau accelerometer ini dipakai untuk menggantikan alat ukur yang biasa dipakai pengukuran getaran oleh PT. KAI dan PT. INKA yang seperti gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Alat Ukur Getaran PT. KAI (foto diambil pada tahun 2009)

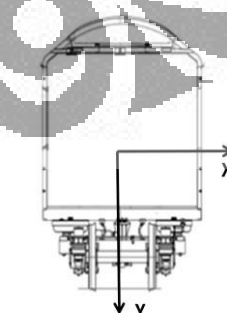
2.1.4 Getaran pada kereta

Setiap benda bergerak memiliki 6 (enam) derajat kebebasan pada ruang tiga dimensi, seperti tergambar dalam gambar 2.4. berikut ini.



Gambar 2.4 6 (enam) deajat kebebasan pada ruang tiga dimensi

Dalam melakukan pengukuran getaran pada kereta penumpang pada penelitian ini, pembatasan dilakukan hanya untuk dua axis getaran yaitu lateral dan vertical, seperti yang dicontohkan pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Axis pada Penampang Kereta

Pembatasan ini dilakukan karena:

1. Keterbatasan jumlah sensor getaran yang dipakai
2. Getaran lateral sangat dipengaruhi oleh spesifikasi boogie yang dipakai kereta penumpang dan Getaran vertical sangat mempengaruhi tubuh manusia.

Kedua getaran tersebut dinilai sangat mempengaruhi kenyamanan berkendara sehingga berpengaruh juga dalam penempatan sensor getaran pada saat pengukuran. Getaran arah vertical dan arah lateral timbul saat kereta bergerak sehingga kedua getaran pada arah ini sebanding dengan kecepatan kereta.

2.2 HUBUNGAN GETARAN DAN PENUMPANG KERETA

Ilmu yang mempelajari hubungan dan interaksi antara manusia dan mesin yang digunakan adalah ergonomi dan human factor. Ergonomi bertujuan untuk merancang berbagai peralatan, sistem teknis dan pekerjaan untuk meningkatkan keselamatan, kesehatan dan kenyamanan serta performa manusia.

Whole-body Vibration (WBV) atau getaran seluruh badan sering dialami oleh penumpang kereta api dimana badan penumpang bersentuhan dengan permukaan yang bergetar, dalam hal ini lantai kereta. Penumpang kereta terutama kereta jarak jauh akan merasakan badan pegal dan capai jika getaran melewati batasan tertentu. Batasan ini disusun dengan beberapa standar yang sering dipakai di dunia, diantaranya ISO 2631 dan Sperling's Ride Index.

2.3 KERETA PENUMPANG

Menurut Undang-undang Perkeretaapian No. 23 tahun 2007, kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan sarana gerak, baik berjalan sendiri ataupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.

Dalam melakukan perjalanan transportasi, kereta api dirangkaikan dalam satu rangkaian perjalanan. Rangkaian tersebut terdiri dari :

- a. Lokomotif atau gerbong berpengerak sendiri
- b. Kereta yang berisikan penumpang atau gerbong yang berisikan barang

Pada penelitian ini, hanya kereta penumpang K3 yang akan diteliti pengaruh getarannya terhadap tubuh manusia, karena kereta ini yang hampir tiap tahun diproduksi secara massal oleh PT. Industri Nasional Kereta Api (PT. INKA) untuk digunakan sebagai angkutan massal pada perjalanan jarak jauh menjelang masa libur.



Gambar 2.6 Kereta K3 Buatan PT. INKA

Kereta K3 mempunyai profil sebagai berikut :

1. Spesifikasi :
 - Lebar Rel : 1.067 mm
 - Panjang Kereta : 20.000 mm
 - Lebar Kereta : 2.990 mm
 - Tinggi Kereta : 3.700 mm
(dihitung dari atap ke rel)
 - Diameter Roda : 774 mm
 - Kecepatan Maksimum : 100 km/jam
 - Kapasitas Tempat Duduk : 106 orang
2. Komponen Utama :
 - Badan Kereta terbuat dari baja ringan
 - Sistem pengereman menggunakan rem udara

2.4 PENGUJIAN DINAMIS DAN STATIS KERETA

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 56 Tahun 2009, pengukuran atau uji statis kereta sebagai sarana perkeretaapian meliputi pengujian dimensi (panjang, lebar dan tinggi), ruang batas sarana, berat, pengereman, keretakan, pembebanan, sirkulasi udara, dan temperature. Untuk kereta yang ditarik lokomotif dilakukan juga pengujian kelistrikan, kebisingan, insentisas cahaya dan kebocoran.

Sedangkan pengujian dinamis meliputi pengujian pengereman, temperature, getaran, pembebanan dan sirkulasi udara. Untuk kereta yang ditarik lokomotif juga ditambahkan pengujian kelistrikan dan kebisingan pada kereta tersebut.

Pengukuran ini dilakukan pada uji pertama dan berkala kereta tersebut untuk mendapatkan sertifikat kelaikan jalan bagi kereta. Jika sertifikat kelaikan jalan tersebut telah diberikan oleh Departemen Perhubungan sebagai pembuat kebijakan, maka kereta diperbolehkan berjalan diatas rel.

2.5 RIDE INDEX

Getaran yang dihasilkan kereta untuk arah vertical dan lateral dapat dievaluasi sehingga menghasilkan tingkat kenyamanan penumpang dengan cara mendapatkan data akselerasi getaran berbanding terhadap kecepatan. Akselerasi getaran tersebut digunakan untuk mengevaluasi 2 hal yaitu *ride characteristic* dan *ride index*.

Ride characteristic menggambarkan variasi getaran kereta yang dinyatakan dalam besaran g (meter/detik²) dalam berbagai kecepatan untuk getaran vertical dan lateral. *Ride index* adalah suatu indeks atau tingkatan yang diturunkan dari dari akselerasi dan frekuensi getaran. Nilai ini memberikan isyarat tentang kenyamanan penumpang yang dikelompokkan dari yang terbaik hingga yang terjelek.

2.6 SPERLING INDEX

Ride index atau tingkat berkendara sering digunakan dalam menentukan kenyamanan penumpang dalam kereta. Beberapa penelitian telah dilakukan selama ini untuk menganalisa getaran kereta berkaitan dengan kenyamanan dan keamanan penumpang di dalam kereta. Salah satunya *Sperling Ride Index* telah digunakan sebagai dasar atau bahan acuan dalam menentukan kenyamanan berkendara oleh beberapa lembaga penelitian dan perusahaan kereta api dari seluruh dunia. Formula dasar perhitungan *ride index* dikalkulasikan sebagai berikut

$$W_Z = \sqrt[10]{\sum_{i=1}^{nf} W_{Zi}^{10}} \quad (2.1)$$

Dimana nf adalah jumlah total frekuensi diskrit atas respon akselerasi kereta yang dihitung dengan menggunakan *fast fourier transform* (FFT), dan W_{Zi} adalah indeks kenyamanan pada frekuensi ke i .

Berdasarkan persamaan (2.1) tersebut, Sperling mengembangkan dua persamaan, yaitu :

1. Untuk mengevaluasi tingkat kualitas berkendara (*ride quality index*) yang berkaitan dengan keselamatan penumpang (*safety*).
2. Persamaan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan berkendara (*ride comfort index*).

Persamaan untuk mengevaluasi *ride quality index* diberikan oleh

$$W_Z = 0.896 \sqrt[10]{\frac{a^3}{f}} \quad (2.2)$$

Dimana a adalah amplitude maksimum percepatan dalam satuan cm/s^2 , f adalah frekuensi dalam satuan Hz.

Persamaan untuk mengevaluasi *ride comfort index* diberikan oleh persamaan

$$WZ = 0.896 \sqrt[10]{\frac{\alpha^3}{f} F(f)} \quad (2.3)$$

Dimana α adalah amplitude maksimum percepatan dalam satuan cm/s^2 , f adalah frekuensi dalam satuan Hz dan $F(f)$ adalah bobot frekuensi yang berbeda untuk getaran vertical dan getaran lateral.

Persamaan (2.2) dan (2.3) dapat diubah penulisannya menjadi

$$WZ = \sqrt[10]{\alpha^3 B^3} \quad (2.4)$$

untuk mengevaluasi tingkat kualitas berkendara, dan

$$WZ = \sqrt[6,67]{\alpha^2 B^2} \quad (2.5)$$

untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan berkendara.

Faktor B dalam persamaan (2.4) dihitung dengan

$$B = 1,14 \left[\frac{(1 - 0,056f^2)^2 + (0,0645(3,35f^2))}{[(1 - 0,252f^2)^2 + (1,547f - 0,00444f^3)^2](1 + 3,55f^2)} \right]^{1/2} \quad (2.6)$$

Sedangkan faktor B untuk tingkat kenyamanan berkendara arah lateral dihitung dengan persamaan

$$B_w = 0,737 \left[\frac{1,911f^2 + (0,25f^2)^2}{(1 - 0,277f^2)^2 + (1,563f - 0,0368f^3)^2} \right]^{1/2} \quad (2.7)$$

Sedangkan faktor B untuk tingkat kenyamanan berkendara arah vertical dihitung dengan persamaan

$$B_z = 0,588 \left[\frac{1,911f^2 + (0,25f^2)^2}{(1 - 0,277f^2)^2 + (1,563f - 0,0368f^3)^2} \right]^{1/2} \quad (2.8)$$

Dari persamaan diatas, terlihat bahwa untuk menghitung tingkat berkendara keerta baik kualitas maupun kenyamanannya diperlukan data akselerasi rata-rata pada kecepatan konstan atau stabil dengan interval waktu tertentu.

Sedangkan frekuensi yang dibutuhkan pun dapat diambil dengan interval waktu tertentu untuk kecepatan yang stabil.

Dengan perhitungan diatas, maka tingkat kualitas dan kenyamanan berkendara dapat dihitung sehingga menghasilkan index yang diberikan oleh tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.1 Ride Quality Index

No	Ride Quality	Index
1	Sangat Baik	1
2	Baik	2
3	Memuaskan	3
4	Diterima Untuk jalan	4
5	Tidak diterima untuk jalan	4,5
6	Berbahaya	5

Tabel 2.2 Ride Comfort Index

No	Ride Comfort	Index
1	Sangat Baik	1
2	Baik	2
3	Memuaskan	2,5
4	Diterima Untuk jalan	3
5	Tidak diterima untuk jalan	3,25
6	Mengganggu	3,5
7	Berbahaya	4

BAB III

PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN *RIDE INDEX*

3.1 ALAT UKUR

Dalam pengukuran getaran ini, alat ukur getaran yang digunakan adalah accelerometer merk Honeywell seperti gambar 3.1 dibawah ini. Sensor ini telah didesain sedemikian rupa untuk dapat mengukur getaran vertical dan lateral secara bersamaan di lantai kereta. Tidak ada pengaruh penggunaan sensor dan penempatan kedua sensor dalam satu tabung seperti gambar 3.1 dibawah ini pada data yang diterima dan direkam oleh kereta perekaman data.



Gambar 3.1 Accelerometer Pengukur Getaran

3.2 LOKASI PENGUKURAN

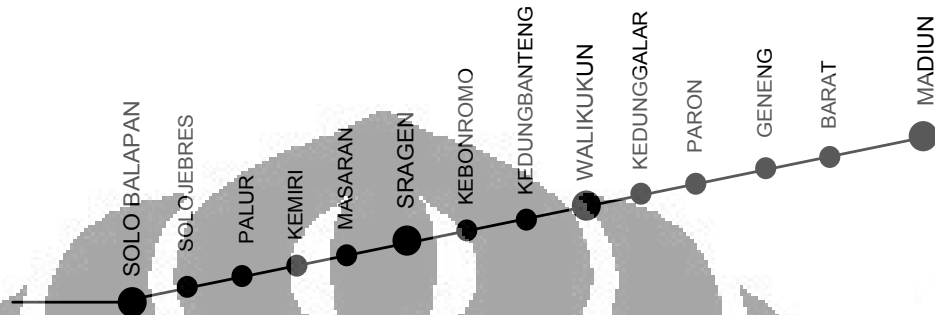
Pada pengukuran getaran kali ini dilakukan untuk kereta baru yaitu kereta yang baru selesai dibangun di PT. INKA, sehingga pengukuran getaran dilakukan di jalur kereta Madiun – Solo pp.

Selain karena jarak yang dekat dengan PT. INKA, jalur kereta ini dipilih juga karena pada jalur ini dapat dilakukan pengukuran untuk kecepatan 90 km/jam yaitu salah satu kecepatan maksimum yang diperbolehkan oleh spesifikasi kereta K3.

Alasan lain penggunaan jalur kereta Madiun – Solo pp. adalah bahwa jalur kereta ini telah sering dipakai oleh PT. KAI dan PT. INKA

maupun Departemen Perhubungan sebagai yang berwenang memberikan sertifikat kelaikan jalan sebagai *test track* bagi pengukuran dinamis kereta.

Jalur kereta ini melewati beberapa buah stasiun seperti yang terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Jalur kereta Madiun – Solo pp

3.3 BENDA UJI

Benda uji atau benda ukur adalah kereta K3 yang baru selesai dibangun di PT. INKA – Madiun, Jawa Timur. Pada pengukuran getaran kali ini, kereta yang akan diuji ditempatkan dibelakang kereta perekam data, seperti gambar 3.3. berikut ini.

Rangkaian pengukuran getaran berturut-turut terdiri dari :

1. Lokomotif
2. Kereta perekam data pengukuran
3. Kereta yang akan diuji

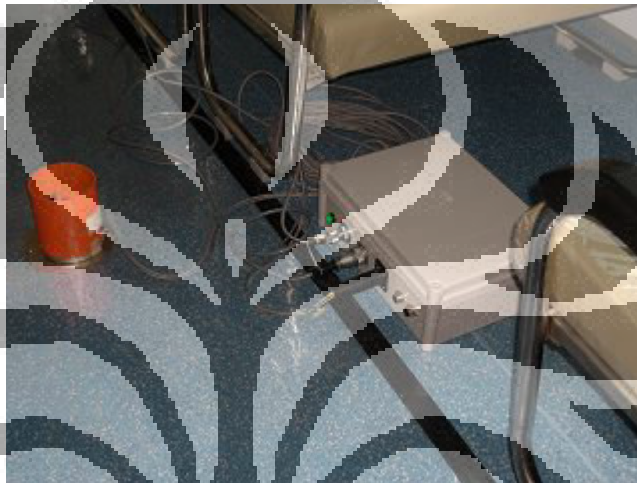


Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Getaran

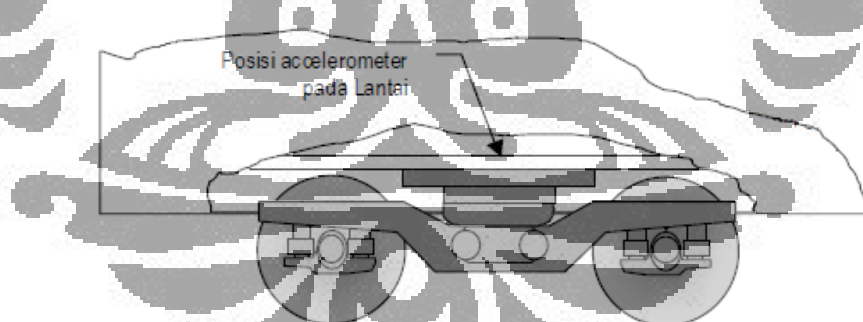
Lokomotif menjalankan rangkaian pengukuran ini menarik berturut-turut kereta perekam data pengukuran dan kereta yang akan diuji. Dengan bantuan kereta perekam data getaran, jumlah kereta yang dapat diukur dapat ditambah sejumlah sensor yang tersedia.

3.4 PENEMPATAN SENSOR

Sensor pengukuran ditempatkan di lantai kereta penumpang seperti gambar 3.4 di bawah ini. Dalam melakukan pengukuran getaran, sensor mengirimkan data pengukuran melewati *junction box* atau boks perantara untuk disampaikan melalui kabel hingga ke tempat perekaman data di kereta perekam data. Terlihat pada gambar 3.4 dan 3.5, bahwa sensor dalam tabung berwarna jingga ditempatkan tepat diatas *boogie* kereta.



Gambar 3.4 Penempatan Sensor di Lantai Kereta



Gambar 3.5 Penempatan Sensor dilihat dari samping

3.5 MATERI PENGUKURAN

Dalam pengukuran getaran kali ini, akan dilakukan untuk beberapa kecepatan kereta seperti daftar materi pengukuran dibawah ini.

Tabel 3.1 Materi Pengukuran Getaran Kereta

No	Materi Pengukuran	Kecepatan
1	<i>Ride Index</i>	50 km/jam
2	<i>Ride Index</i>	60 km/jam
3	<i>Ride Index</i>	70 km/jam
4	<i>Ride Index</i>	80 km/jam

Materi pengukuran getaran kereta ini dipilih karena pada 4 kecepatan sering digunakan pada jalur kereta di Pulau Jawa. Kecepatan kereta dibawah keempat kecepatan yang tercantum pada daftar materi pengukuran diatas hanya dipakai sesaat sesudah atau tiba di stasiun kereta sehingga tidak tercantum dalam materi pengukuran. Selain itu, kecepatan diatas 80 km/jam jarang sekali digunakan oleh masinis kereta api mengingat rel kereta yang digunakan sangat jarang dapat dilalui kecepatan diatas 80 km/jam.

Materi pengukuran getaran diatas dapat dilakukan berulang-ulang selama dilakukan pada kecepatan yang stabil dan dilakukan sesudah pengukuran getaran yang utama selesai.

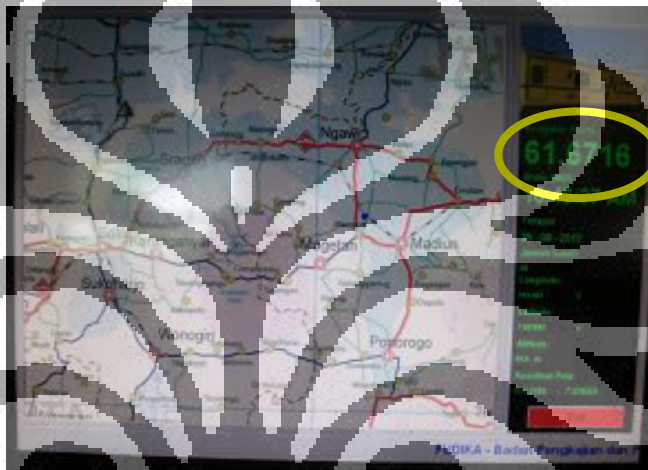
3.6 PELAKSANAAN PENGUKURAN

Dengan materi pengujian dalam subbab terdahulu, maka pengujian dilaksanakan sebagai berikut :

1. Kereta berjalan dari stasiun Madiun hingga kecepatan 50 km/jam kemudian pertahankan kecepatan kereta sehingga kecepatan kereta stabil lalu dilakukan perekaman data selama 1 menit.
2. Setelah selesai melakukan perekaman data pada kecepatan 50 km/jam kemudian kecepatan kereta ditambah hingga 60 km/jam dan pertahankan sehingga kecepatan tersebut stabil kemudian dilakukan perekaman selama 1 menit.
3. Kecepatan kereta dinaikkan hingga mencapai kecepatan 70 km/jam dan pertahankan kecepatannya. Saat kecepatan konstan pada 70 km/jam, lakukan perekaman selama kurang lebih 1 menit.

4. Kemudian kecepatan kereta dinaikkan menjadi 80 km/jam dan pertahankan kecepatannya. Setelah kecepatan dinyatakan konstan, lakukan perekaman selama 1 menit.
5. Pengukuran getaran dinyatakan selesai.

Dalam melakukan perekaman data getaran, petugas perekam data harus memperhatikan kecepatan kereta seperti yang terlihat pada monitor pada gambar 3.6 dibawah ini. Pelaksanaan perekaman data memakai ruang akuisisi data pada kereta perekam data getaran seperti yang terlihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.6 Layar Monitor Tampilan Kecepatan Kereta



Gambar 3.7 Ruang Akuisisi Data

3.7 DATA HASIL PENGUKURAN

Selama pengukuran dilaksanakan, kereta penyimpanan data melakukan perekaman data dengan waktu dan kecepatan yang sesuai. Untuk perekaman data, direkam dalam bentuk .txt seperti gambar 3.8 dibawah ini. Sistem perekaman data didesain untuk dapat merekam data hingga 9 (sembilan) kereta uji dalam sekali pengukuran sehingga tampilan hasil perekaman data terlihat beberapa *channel* (Ch) bernilai 0 (nol) karena pada *channel* tersebut tidak terpasang sensor getaran.

TIME hh mm ss.ms	Ch01 CFV1 G	Ch02 CFL1 G	Ch03 BSTA1 BAR	Ch04 BSTA1 BAR	Ch05 BSAK1 BAR	Ch06 CFV2 G	Ch07 CFL2 G	Ch08 BSTA2 BAR	Ch09 CFV3 G	Ch10 CFL3 G	Ch11 BSTA3 BAR	Ch12 CFV9 G
10 32 20.000	00.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.016	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.029	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.031	-0.016	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.047	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.062	-0.003	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.078	00.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.029	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.094	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.109	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.023	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.125	-0.011	00.006	00.000	00.000	00.000	00.029	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.141	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.156	-0.015	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.172	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.188	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.203	00.013	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.219	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	-0.001	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.234	0.000	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.250	00.001	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.266	-0.014	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.281	00.009	00.009	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.297	-0.016	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.312	-0.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.328	-0.014	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.344	00.004	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.359	00.002	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.375	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.391	-0.019	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.406	00.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.422	-0.004	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.438	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.453	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.469	-0.020	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000

Gambar 3.8 Hasil Perekaman Data

Rekaman data diatas adalah rekaman data untuk :

1. Nama File : K3_25082011_RI_60_103220.txt, adalah nama file untuk rekaman data kereta K3 pada tanggal 25 Agustus 2011 dengan data Ride Index pada kecepatan 60 km/jam pukul 10.32 WIB.
2. Tanggal : 25/08/11, adalah tanggal saat perekaman data
3. Time, adalah waktu perekaman data dimana hh menunjukkan *hour* atau jam saat perekaman data, mm adalah *minute* atau menit dan ss adalah *second* atau detik selama perekaman data.

4. Ch01 dan Ch02, adalah channel atau saluran 1 (satu) dan 2 (dua) yang menunjukkan pemakaian perekaman data dan kesesuaiannya dengan sensor yang dipakai.
5. Cfv1 dan Cfv2, adalah sensor yang dipakai dalam pengukuran untuk mengukur getaran vertical pada kereta ke-1 dan ke-2, atau kereta yang diuji urutan pertama dan kedua dihitung dari kereta sesudah kereta perekam data.
6. Cfl1 dan Cfl2, adalah sensor yang dipakai dalam pengukuran untuk mengukur getaran lateral pada kereta ke-1 dan ke-2, atau kereta yang diuji urutan pertama dan kedua dihitung dari kereta sesudah kereta perekam data.
7. G, adalah gravitasi satuan getaran yang digunakan dalam perekaman data.

Data pengukuran getaran untuk getaran 50 km/jam hingga 80 km/jam ditampilkan dalam gambar 3.9 hingga 3.12 seperti dibawah ini. Data pengukuran getaran yang lengkap berikut kesesuaian dengan waktu perekaman dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2 pada bagian belakang tesis ini.

TIME hh mm-ss.ms	Ch01 CFV1 G	Ch02 CFL1 G	Ch03 BSTA1 BAR	Ch04 BSTA1 BAR	Ch05 BSAK1 BAR	Ch06 CFV2 G	Ch07 CFL2 G	Ch08 BSTA2 BAR	Ch09 CFV3 G	Ch10 CFL3 G	Ch11 BSTA3 BAR	Ch12 CFV9 G
10 31 26.000	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	-0.001	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.016	00.001	00.005	00.000	00.000	00.000	00.029	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.031	00.003	00.003	00.000	00.000	00.000	00.029	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.047	00.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.062	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.078	00.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	-0.004	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.094	00.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.019	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.109	00.007	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.125	00.001	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.141	-0.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.022	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.156	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.172	0.000	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.188	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.203	-0.010	00.007	00.000	00.000	00.000	00.022	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.219	-0.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.234	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	-0.004	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.250	-0.020	00.003	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.266	00.001	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	-0.004	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.281	-0.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.297	00.004	00.006	00.000	00.000	00.000	00.019	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.312	00.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.328	-0.005	00.003	00.000	00.000	00.000	00.016	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.344	-0.010	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.359	-0.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.016	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.375	-0.007	00.003	00.000	00.000	00.000	00.016	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.391	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.406	-0.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.422	-0.005	00.003	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.438	00.002	00.005	00.000	00.000	00.000	00.016	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.453	-0.013	00.003	00.000	00.000	00.000	00.022	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 31 26.469	00.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.019	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000

Gambar 3.9 Tampilan Data Getaran Kecepatan 50km/jam

TIME hh mm ss.ms	Ch01 CFV1 G	Ch02 CFL1 G	Ch03 BSTR1 BAR	Ch04 BSTA1 BAR	Ch05 BSAK1 BAR	Ch06 CFV2 G	Ch07 CFL2 G	Ch08 BSTA2 BAR	Ch09 CFV3 G	Ch10 CFL3 G	Ch11 BSTA3 BAR	Ch12 CFV9 G
10 32 20.000	00.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.016	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.029	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.031	-0.016	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.047	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.062	-0.003	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.078	00.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.029	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.094	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.109	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.023	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.125	-0.011	00.006	00.000	00.000	00.000	00.029	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.141	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.156	-0.013	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.172	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.188	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.203	00.013	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.219	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.025	-0.001	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.234	0.000	00.005	00.000	00.000	00.000	00.025	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.250	00.001	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.266	-0.014	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.281	00.019	00.006	00.000	00.000	00.000	00.025	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.297	-0.016	00.005	00.000	00.000	00.000	00.022	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.312	-0.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.328	-0.014	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.344	00.004	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.359	00.002	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.375	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.391	-0.019	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.406	00.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.422	-0.004	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.438	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.453	-0.004	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 32 20.469	-0.020	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000

Gambar 3.10 Tampilan Data getaran Kecepatan 60 km/jam

TIME hh mm ss.ms	Ch01 CFV1 G	Ch02 CFL1 G	Ch03 BSTR1 BAR	Ch04 BSTA1 BAR	Ch05 BSAK1 BAR	Ch06 CFV2 G	Ch07 CFL2 G	Ch08 BSTA2 BAR	Ch09 CFV3 G	Ch10 CFL3 G	Ch11 BSTA3 BAR	Ch12 CFV9 G
10 33 20.000	-0.008	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.016	00.004	00.002	00.000	00.000	00.000	00.041	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.031	-0.005	00.003	00.000	00.000	00.000	00.044	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.047	00.007	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.062	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.078	-0.016	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.094	-0.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.109	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.047	-0.001	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.125	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.041	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.141	-0.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.156	-0.004	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.172	00.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.041	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.188	00.007	00.003	00.000	00.000	00.000	00.041	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.203	-0.008	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.219	00.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.234	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.250	00.004	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.266	-0.020	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.281	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.297	00.003	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.312	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.328	0.000	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.344	00.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.041	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.359	-0.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.375	00.002	00.003	00.000	00.000	00.000	00.044	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.391	-0.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.041	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.406	00.003	00.005	00.000	00.000	00.000	00.047	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.422	-0.013	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.438	00.003	00.007	00.000	00.000	00.000	00.041	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.453	-0.002	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
10 33 20.469	00.014	00.003	00.000	00.000	00.000	00.041	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000

Gambar 3.11 Tampilan Data Getaran Kecepatan 70 km/jam

K3_25082010_R180_B_112644 - Notepad

File Edit Format View Help

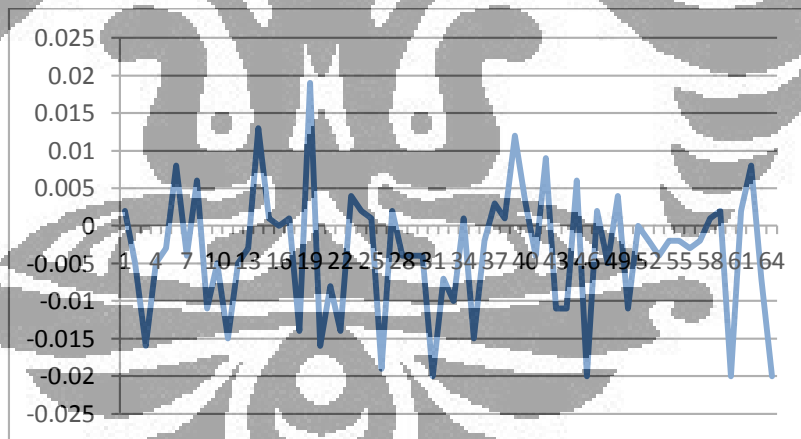
Nama File : K3_25082010_R180_B_112644.txt
Tanggal : 25 / 08 / 10

TIME hh mm ss.ms	Ch01 CFV1 G	Ch02 CFL1 G	Ch03 BSTR1 BAR	Ch04 BSTA1 BAR	Ch05 BSAK1 BAR	Ch06 CFV2 G	Ch07 CFL2 G	Ch08 BSTA2 BAR	Ch09 CFV3 G	Ch10 CFL3 G	Ch11 BSTA3 BAR	Ch12 CFV9 G
11 26 44.000	00.001	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.016	00.012	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.031	00.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.047	-0.003	00.003	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.062	-0.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.078	-0.002	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.094	-0.005	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.109	0.000	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.125	00.004	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.141	-0.013	00.007	00.000	00.000	00.000	00.035	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.156	00.001	00.003	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.172	-0.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.188	00.012	00.006	00.000	00.000	00.000	00.032	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.203	00.006	00.005	00.000	00.000	00.000	00.032	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.219	-0.005	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.234	-0.011	00.005	00.000	00.000	00.000	00.035	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.250	-0.003	00.006	00.000	00.000	00.000	00.035	-0.001	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.266	00.007	00.005	00.000	00.000	00.000	00.041	00.002	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.281	-0.009	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.297	0.000	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.005	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.312	-0.002	00.006	00.000	00.000	00.000	00.038	00.020	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.328	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.344	0.000	00.003	00.000	00.000	00.000	00.038	00.014	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.359	-0.005	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.008	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.375	00.018	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.391	-0.015	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.406	-0.010	00.003	00.000	00.000	00.000	00.041	00.023	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.422	-0.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.041	00.011	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.438	-0.009	00.005	00.000	00.000	00.000	00.038	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.453	-0.013	00.006	00.000	00.000	00.000	00.041	00.017	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
11 26 44.469	00.007	00.005	00.000	00.000	00.000	00.044	00.026	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000

Gambar 3.12 Tampilan Data Getaran Kecepatan 80 km/jam

3.8 PERHITUNGAN RIDE INDEX

Pada rekaman data seperti yang terlihat pada gambar 3.9 hingga 3.12 diatas, terlihat bahwa data getaran merupakan data periodik seperti gambar 3.13 dibawah ini



Gambar 3.13 Data Getaran Selama 1 Detik

Dengan pemakaian persamaan Sperling, yaitu

$$W_z = \sqrt{\sum_{i=1}^{nf} W_{z_i}^{10}} \quad (3.1)$$

Dimana nf adalah jumlah total frekuensi diskrit atas respon akselerasi kereta yang dihitung dengan menggunakan *fast fourier transform* (FFT), dan W_{zi} adalah indeks kenyamanan pada frekuensi ke i .

Juga persamaan (3.2) dan (3.3) dibawah ini untuk menunjukkan tingkat kenyamanan dan keamanan berkendara

$$WZ = 0.896 \sqrt[10]{\frac{a^3}{f}} \quad (3.2)$$

Dimana a adalah amplitude maksimum percepatan dalam satuan cm/s^2 , f adalah frekuensi dalam satuan Hz.

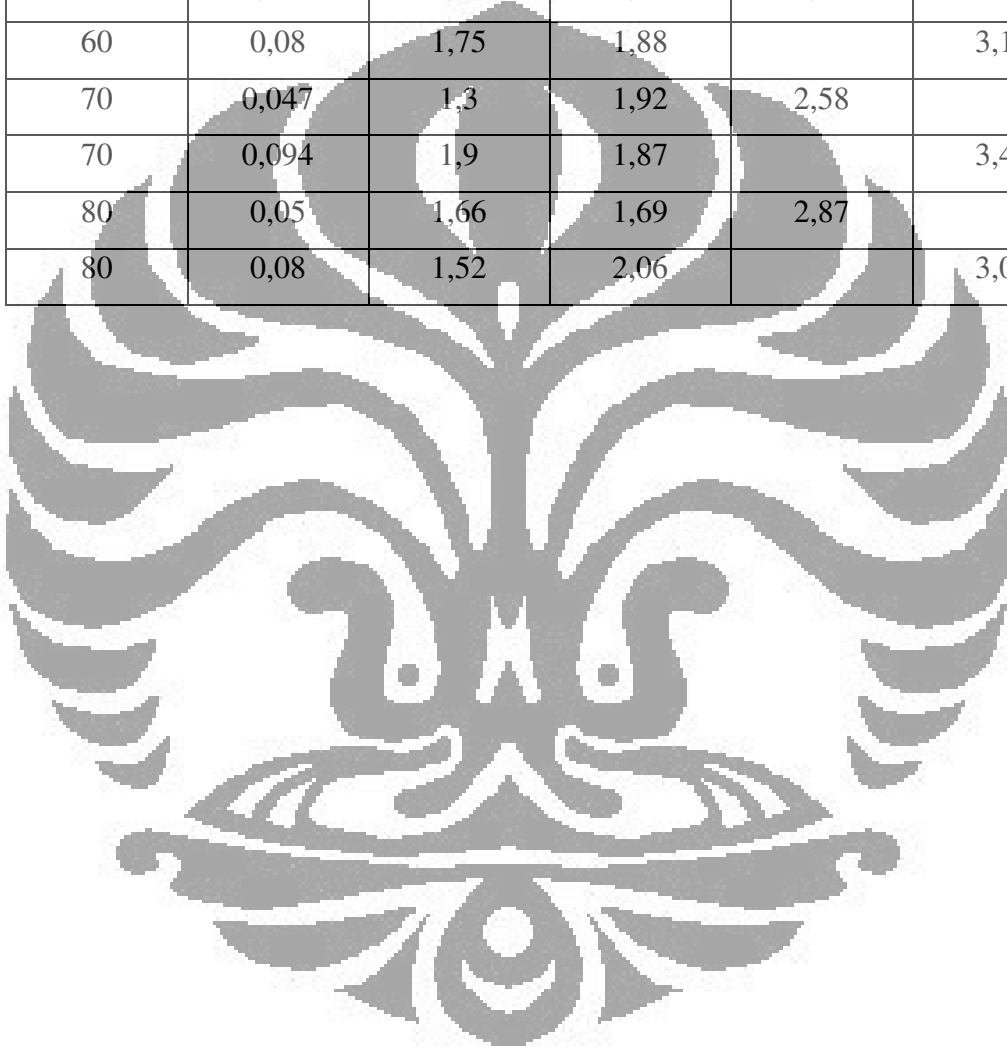
$$WZ = 0.896 \sqrt[10]{\frac{a^3}{f} F(f)} \quad (3.3)$$

Dimana a adalah amplitude maksimum percepatan dalam satuan cm/s^2 , f adalah frekuensi dalam satuan Hz dan $F(f)$ adalah bobot frekuensi yang berbeda untuk getaran vertical dan getaran lateral.

Data getaran yang diambil pada lampiran 1 dan 2 dikalkulasi dengan menggunakan rumus diatas, sehingga mendapatkan nilai seperti table 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Ride Index

Kecepatan km/jam	Getaran		Ride	Ride Comfort	
	α (G)	f (Hz)	Quality	Lateral	Vertikal
50	0,025	1,35	1,55	2,17	
50	0,05	1,5	1,80		2,59
60	0,038	1,17	1,90	2,32	
60	0,08	1,75	1,88		3,15
70	0,047	1,3	1,92	2,58	
70	0,094	1,9	1,87		3,40
80	0,05	1,66	1,69	2,87	
80	0,08	1,52	2,06		3,00



BAB IV

ANALISA RIDE INDEX

4.1 Analisa Sperling's Ride Index

Getaran pada kereta menjadi salah satu faktor manusia (*human factor*) yang harus dipertimbangkan dalam keselamatan transportasi dilihat dari *ride index* atau indeks berkendara dengan rumusan Sperling *Ride Index* pada persamaan (4.1) dibawah ini.

$$W_z = \sqrt{\sum_{i=1}^{nf} W_{z_i}^{10}} \quad (4.1)$$

Dengan perhitungan Sperling ini dihasilkan beberapa ukuran untuk kecepatan yang berbeda, yaitu :

1. Getaran, yaitu hasil turunan akselerasi yang didapat pada pengukuran getaran seperti data pada lampiran. Turunan ini menghasilkan dua data yaitu α dengan satuan G dan frekuensi dengan satuan Hz.
2. *Ride Quality*, yaitu kualitas berkendara yang berkaitan dengan tingkat keselamatan penumpang.
3. *Ride Comfort*, yaitu tingkat kenyamanan berkendara.

Hasil perhitungan *ride index* berdasarkan rumusan Sperling's *Ride Index* seperti persamaan (4.1) diatas dengan data yang diambil pada bab 3 sebelumnya didapat seperti tabel 4.1 dibawah ini. Data yang dihasilkan dari pengukuran langsung di jalur kereta Madiun – Walikukun selama 1 menit untuk masing-masing kecepatan 50 km/jam – 80 km/jam.

Sesuai dengan standar *Sperling's Ride Index* yang tertera dalam table 4.2 mengenai *Ride Quality Index* untuk keamanan berkendara dan 4.3 mengenai *Ride Comfort Index* mengenai kenyamanan berkendara dibawah ini, yaitu

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan *Ride Index*

Kecepatan km/jam	Getaran		Ride	Ride Comfort	
	α (G)	f (Hz)	Quality	Lateral	Vertikal
50	0,025	1,35	1,55	2,17	
50	0,05	1,5	1,80		2,59
60	0,038	1,17	1,90	2,32	
60	0,08	1,75	1,88		3,15
70	0,047	1,3	1,92	2,58	
70	0,094	1,9	1,87		3,40
80	0,05	1,66	1,69	2,87	
80	0,08	1,52	2,06		3,00

Tabel 4.2 *Ride Quality Index*

No	<i>Ride Quality</i>	<i>Index</i>
1	Sangat Baik	1
2	Baik	2
3	Memuaskan	3
4	Diterima Untuk jalan	4
5	Tidak diterima untuk jalan	4,5
6	Berbahaya	5

Tabel 4.3 *Ride Comfort Index*

No	<i>Ride Comfort</i>	<i>Index</i>
1	Sangat Baik	1
2	Baik	2
3	Memuaskan	2,5
4	Diterima Untuk jalan	3
5	Tidak diterima untuk jalan	3,25
6	Mengganggu	3,5
7	Berbahaya	4

Maka nilai atau index kereta penumpang yang telah diukur adalah

Tabel 4.4 *Ride Quality Index* Kereta Arah Lateral

Kecepatan km/jam	<i>Ride Quality</i>	<i>Index</i>
50	Sangat Baik	1,55
60	Sangat Baik	1,9
70	Sangat Baik	1,92
80	Sangat Baik	1,69

Tabel 4.5 *Ride Quality Index* Kereta Arah Vertikal

Kecepatan km/jam	Ride Quality	Index
50	Sangat Baik	1,8
60	Sangat Baik	1,88
70	Sangat Baik	1,87
80	Baik	2,06

Dalam dua tabel diatas, terlihat bahwa kualitas berkendara masih dalam tingkat baik dan sangat baik sehingga dapat diartikan bahwa keamanan kereta masih dalam tingkat yang sangat tidak membahayakan bagi penumpang kereta.

Di lain pihak, tingkat kualitas berkendara ini dapat dipakai sebagai acuan untuk mengeluarkan sertifikat laik jalan bagi kereta baru yaitu kereta yang baru selesai dibangun di PT. INKA atau kereta yang telah mengalami perawatan rutin tahunan. Sertifikat laik jalan ini sangat berguna bagi kereta karena dengan adanya sertifikat ini kereta dapat berjalan diatas rel kereta.

Sedangkan analisa untuk kenyamanan berkendara atau ride comfort, diketahui bahwa kereta penumpang masih dapat ditoleransi sehingga getaran yang timbul pada kereta tidak membuat kereta tersebut tidak dapat ditumpangi penumpang. Analisa ride comfort terlihat pada tabel 4.6 dan 4.7 berikut ini.

Tabel 4.6 *Ride Quality Index* Kereta Arah Lateral

Kecepatan km/jam	Ride Comfort	Index
50	Baik	2,17
60	Baik	2,32
70	Memuaskan	2,58
80	Memuaskan	2,87

Tabel 4.6 *Ride Quality Index* Kereta Arah Lateral

Kecepatan km/jam	Ride Comfort	Index
50	Memuaskan	2,59
60	Diterima untuk jalan	3,15
70	Tidak beraturan	3,4
80	Diterima untuk Jalan	3

Tabel *ride comfort index* memperlihatkan bahwa pada kecepatan 70 km/jam kenyamanan penumpang tidak sebaik kecepatan lain berkaitan dengan jalur kereta yang dilalui atau terhadap suspensi kereta yang dipakai pada kereta penumpang yang diuji. Suspensi kereta penumpang yang diuji kurang dapat memberikan kenyamanan pada kecepatan 70 km/jam.

Dibandingkan dengan tingkat kemanan berkendara, tingkat kenyamanan ini lebih tinggi sehingga perlu diperbaiki suspensi kereta terutama tambahan peredam getaran di boogie kereta.

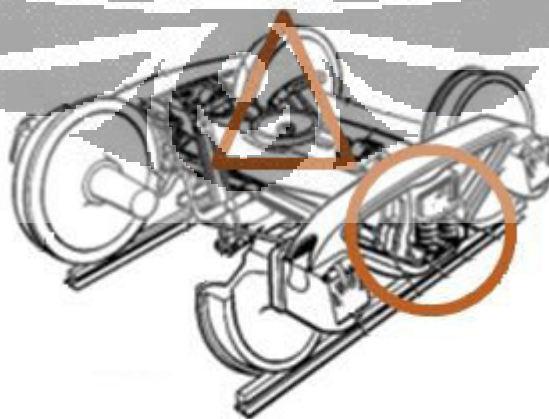
Perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi *ride comfort* arah lateral adalah :

1. Perbaikan pada Spesifikasi Boogie Kereta, dengan cara :
 - a. Perbaikan pada daya tahan material lantai kereta
 - b. Perbaikan pada dimensi boogie
2. Perbaikan Sistem Kontrol Getaran

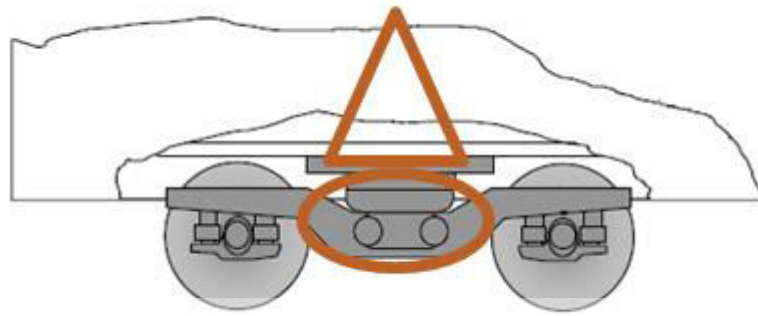
Sedangkan dalam memperbaiki *ride comfort* arah vertikal dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya :

1. Perbaikan pada Spesifikasi Boogie Kereta, dengan cara :
 - a. Perbaikan terhadap material suspense kereta
 - b. Perbaikan pada dimensi suspense kereta
2. Penelitian terhadap Material Pembuatan kereta.

Perbaikan pada boogie kereta dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.1 Gambar Penampang Boogie Kereta



Gambar 4.2 Penampang Samping Boogie Kereta

Pada gambar 4.1 dan 4.2 terlihat wilayah yang bertanda segitiga dan lingkaran merupakan perbaikan yang diperlukan oleh boogie kereta untuk mengurangi getaran yang dihasilkan oleh boogie kereta.

Bentuk segitiga adalah bagian *center plate* atau poros tengah dimana saat pengukuran berlangsung tepat diatas poros itu pada bagian lanatai kereta ditempatkan sensor pengukur getaran. Poros tengah ini dapat mengalami perbaikan dengan adanya tambahan peredam getaran pada poros tersebut. Peredam getaran pada poros tersebut dapat dibuat dari bahan karet atau bahan lainnya sehingga getaran yang dirasakan oleh penumpang kereta dapat berkurang.

Sedangkan pada gambar lingkaran merupakan bagian boogie yaitu per kereta yang merupakan salah satu peredam getaran. Per ini dapat diberikan peredam sebagai salah satu cara mengurangi getaran kereta. Selain itu desain per dapat dirubah menjadi lebih padat atau lebih jarang sehingga getaran kereta dapat berkurang.

Suspensi kereta pun berpengaruh dalam timbulnya getaran untuk penumpang kereta. Beberapa penelitian memperlihatkan pengaruh suspense ini dapat berbeda yang diakibatkan dari beberapa pengaruh, yaitu :

1. *Air reservoir volume* atau volume penampungan udara pada suspense kereta.
2. *Connecting pipe diameter* atau diameter pipa penghubung yang menghubungkan sistem suspense kereta

3. *Connecting pipe length* atau panjang pipa penghubung di dalam jaringan suspense kereta.

Perbaikan di 3 pengaruh terhadap suspense kereta diatas memberikan penilaian mengenai berkurangnya getaran untuk penumpang. Perbaikan ini dapat meningkatkan kenyamanan penumpang dan mengurangi nilai *ride comfort* yang dihasilkan.

4.2 Analisa ISO 2631

Setelah mendapatkan data langsung di lapangan, penggunaan persamaan Sperling ride index sebagai salah satu standar yang digunakan di dunia internasional dalam menentukan kenyamanan dan keamanan berkendara selain ISO 2631 juga standar lainnya di benua Eropa.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan *Ride Index*

Kecepatan km/jam	Getaran		Ride Quality	Ride Comfort	
	α (G)	f (Hz)		Lateral	Vertikal
50	0,025	1,35	1,55	2,17	
50	0,05	1,5	1,80		2,59
60	0,038	1,17	1,90	2,32	
60	0,08	1,75	1,88		3,15
70	0,047	1,3	1,92	2,58	
70	0,094	1,9	1,87		3,40
80	0,05	1,66	1,69	2,87	
80	0,08	1,52	2,06		3,00

Standar ISO 2631 yang menjelaskan bahwa whole-body vibration atau getaran yang diterima badan dalam kisaran 0,5 – 80 Hz menyebabkan getaran di beberapa bagian tubuh manusia seperti bola mata, kepala, tulang belakang dan perut. Sehingga jika bagian tubuh terus bergetar akan menyebabkan ketidaknyamanan, pengaruh terhadap kemampuan kinerja penumpang atau kesehatan pada saat itu dan resiko keamanan selanjutnya.

Seperti terlihat pada tabel 4.7 diatas, frekuensi yang dihasilkan masih dibawah 2 Hz yang berarti masih dalam kisaran yang diijinkan oleh ISO 2631 sehingga pengaruh terhadap kinerja penumpang diatas kereta dapat lebih nyaman.

Berdasarkan ISO 2631, beberapa penyebab getaran adalah :

1. Jalur kereta atau *track*, jalur kereta memiliki ketidaksempurnaan yang menyebabkan getaran seperti bermacam ketinggian jalur, pengaruh manufaktur rel pada jalur kereta, hubungan antar rel, bermacam kemiringan pada jalur ataupun jalur kereta yang memiliki belokan yang dapat menyebabkan getaran.
2. Sentuhan antara rel kereta dan roda kereta.
3. Keretanya sendiri, dalam hal ini getaran mesin dan kompresor lainnya serta peralatan pendingin ruangan kereta.
4. Tempat duduk penumpang juga dapat memberikan ketidaknyamanan karena bergetar dalam suatu frekuensi yang sangat dipengaruhi dengan postur penumpang yang duduk di kursi itu.

4.3 Analisa *Human Factor*

Efek getaran pada aktivitas penumpang diatas dapat bervariasi tergantung pada aktivitas yang dikerjakan penumpang di dalam kereta. Penilaian penumpang terhadap getaran yang dialaminya pun berbeda karena penumpang adalah manusia yang memiliki penilaian yang berbeda-beda terhadap getaran yang mengganggu kenyamanannya.

Beberapa penelitian mengenai aktivitas penumpang secara umum dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Penelitian sistematis mengenai mekanisme dasar dalam situasi yang terkontrol sehingga dapat dilihat secara jelas bagaimana getaran berpengaruh pada penumpang
2. Penelitian terhadap respon penumpang dalam situasi yang benar-benar terjadi. Pelaksanaan penelitian ini dapat dilakukan oleh pengisian kuesioner oleh penumpang kereta.

Pengaruh getaran pada aktivitas membaca penumpang terbagi menjadi 3 tipe keadaan yang mengganggu, yaitu :

1. Getaran pada luasan visual, yaitu getaran yang mengakibatkan gangguan pada gambaran (*display*) pada mata penumpang kereta.\

2. Getaran pada bola mata, getaran ini mengakibatkan getaran penglihatan (observer vibration) yaitu bola mata penumpang akan mengalami getaran halus sehingga menimbulkan ketidaknyamanan
3. Getaran pada bola mata dan luasan visual mata sebagai getaran simultan yang dialami oleh mata.

Penglihatan penumpang dipengaruhi oleh :

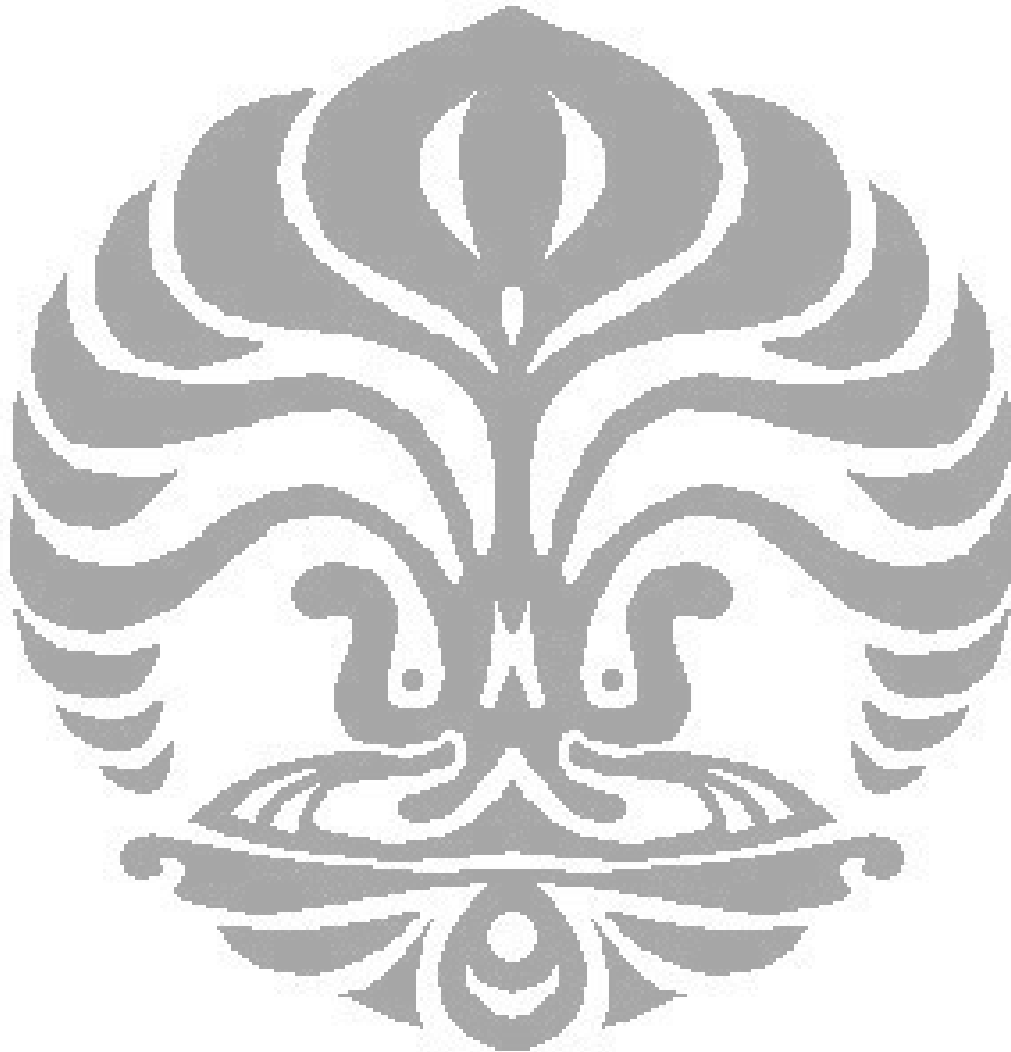
1. *Display vibration* atau getaran pada jangkauan penglihatan penumpang.
2. *Observer vibration* atau getaran yang dialami penumpang pada jangkauan pengamatannya.
3. Frekuensi getaran.
4. Kekuatan getaran, seberapa besar getaran yang dihasilkan oleh kereta yang mempengaruhi penglihatannya.
5. Ukuran benda yang akan dilihat.
6. Jarak penglihatan penumpang.
7. Illuminasi benda.
8. *Contrast* atau perbedaan warna pada benda yang akan dilihat.
9. Postur penumpang.
10. Getaran yang mempengaruhi perubahan besar pada aliran darah ke retina mata.
11. Gangguan psikologi penumpang.

Dengan adanya beberapa pengaruh getaran terhadap mata dan penglihatan penumpang, sehingga pengukuran getaran ini memberikan pengaruh terhadap kegiatan penumpang di atas kereta terutama pada kemampuan penumpang terhadap membaca dan menulis selama di atas kereta.

Secara umum, getaran yang makin besar akan memberikan pengaruh yang makin terasa juga pada penumpang walaupun sangat tergantung pada aktivitas yang dilakukan penumpang di atas kereta.

Dalam melakukan aktivitasnya, penumpang mengharapkan bahwa kenyamanan dapat diperoleh jika makin kecilnya getaran yang dialaminya. Postur penumpang selama dalam kereta penumpang juga mempengaruhi getaran yang dialaminya. Nilai gaya yang mempengaruhi getaran pada penumpang pun dapat dikategorikan dalam beberapa titik, yaitu diantaranya gaya lateral mempengaruhi

getaran maju dan mundurnya penumpang dan getaran vertical mempengaruhi getaran arah atas dan bawahnya penumpang. Kedua gaya ini juga mempengaruhi kekaratan tulang belakang penumpang yang melakukan aktivitas selama duduk diatas kereta.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengukuran data getaran kereta dan perhitungannya dapat disimpulkan bahwa pengukuran getaran di kereta telah berhasil dengan baik dimana sensor yang digunakan dapat melakukan pengukuran pada kecepatan-kecepatan tertentu sehingga pelaksanaan perhitungan *ride index* dapat diteruskan dengan data yang sudah didapat.

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa penggunaan Sperling's Ride Index sebagai bahan acuan dalam perhitungan kenyamanan dan keamanan berkendara dapat menjadi bahan acuan dalam perhitungan *ride index* untuk penelitian selanjutnya.

Nilai-nilai yang didapat dari hasil perhitungan getaran termasuk getaran dalam satuan g dan frekuensi dalam satuan Hz masih dalam rentang standar yang diperbolehkan sehingga pengaruh getaran dapat disimpulkan masih dalam rentang yang diperbolehkan terhadap penumpang kereta walaupun pada kecepatan tertentu terdapat beberapa nilai yang kurang baik.

Nilai akselerasi yang dilakukan saat pengukuran cenderung meningkat terhadap kecepatan yang lebih tinggi walaupun masih dalam rentang yang baik menurut Sperling.

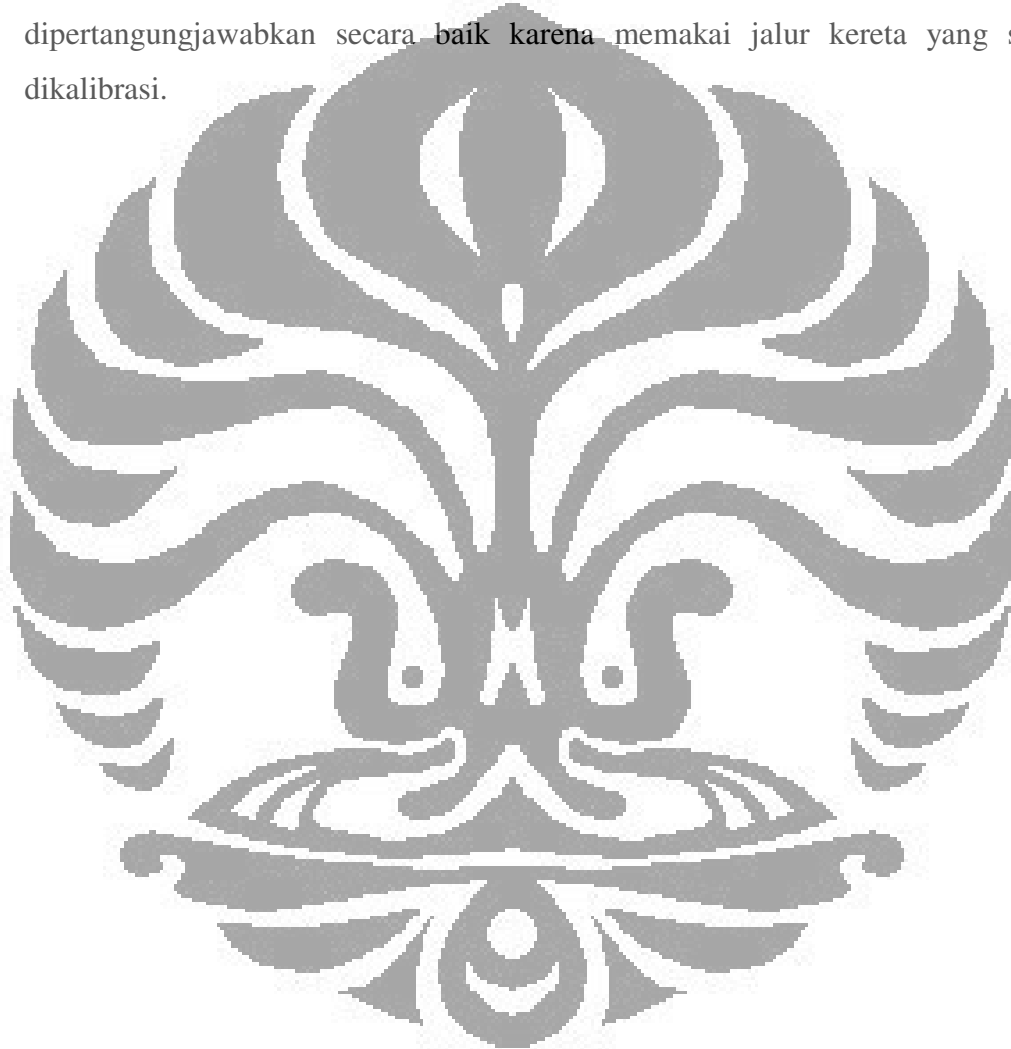
5.2 SARAN

Dalam penelitian selanjutnya, diharapkan dapat dilakukan untuk tingkat kecepatan yang lebih tinggi diatas 80 km/jam atau untuk kecepatan dibawah 50 km/jam sehingga dapat dilakukan perbandingan apakah pada kecepatan tersebut *ride index* yang didapat lebih baik daripada *ride index* yang dihitung dalam tesis ini.

Penggunaan standard an perhitungan lain dalam menentukan kenyamanan dan keamanan kereta penumpang dan pengaruhnya terhadap penumpang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, dimana standar dan perhitungan *ride index* dapat berbeda-beda di berbagai Negara.

Setelah melihat hasil perhitungan *ride index*, disarankan bahwa Indonesia dapat memiliki nilai standar, baik SNI atau standar lainnya, terhadap *ride index* atau kenyamanan dan keamanan berkendara untuk kereta penumpang yang termasuk didalamnya beberapa indikator lain seperti pengereman dan temperature bantalan roda.

Selain itu, pembangunan test track untuk pengukuran dan pengujian kereta penumpang layak dipertimbangkan sehingga pengukuran getaran ini dapat dipertanggungjawabkan secara baik karena memakai jalur kereta yang sudah dikalibrasi.



DAFTAR REFERENSI

R. Narayanamoorthy, V. K. Goel, V. H. Saran, *VIBRATION MEASUREMENT”- A TOOL FOR EVALUATING ACTIVITY COMFORT IN TRAINS*, 2007

Dr. Shafiquzzaman Khan, *Human Performance in Moving Trains*, 2006

Dr. Andrew N Rimell, Dr. Neil J Mansfield, *Methods for assessing whole-body vibration exposure in railway carriages*, 2006

Ramasamy Narayanamoorthy, Shafiquzzaman Khan, Mats Berg, Virendra Kumar Goel, V Huzur Saran and S. P. Harsha, *Determination of Activity Comfort in Swedish Passenger Trains*, 2008

Ing. Drd. Ana PICU, *A STUDY OF BODY POSTURE ON HUMAN COMFORT UNDER THE INFLUENCE OF WHOLE-BODY VIBRATIONS FOR THE RAIL PASSENGERS*, 2010

Asano, K., Kajitani Y., *Efforts for Greater Ride Comfort*, JR East Technical Review No. 12

..., Undang-undang No. 12 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian

..., Peraturan Pemerintah No. 56 Tahun 2009

P.V. Krishna Kant, *Evaluation of Ride and Activity Comfort for the Passengers while travelling ny Rail Vehicles*, 2007

Sham Rane, *real Time Ride Comfort – Development and validation of a Methodology*, 2008