

Vibration Spectrum Analysis to Identify the Signal Disturbance of the Differential Gear Transmission System

Noor Eddy^{1,*} dan Arrijal Surya Kamal²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti - Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional - Jakarta

*Korespondensi: noor@trisakti.ac.id

Abstract. In traditional maintenance for machinery, repair scheduling is usually difficult to develop and execute considering the repair tasks cannot be determined with certainty without disassembling the machine. Without adequate tools, it is difficult to determine the condition of the machine from outside. In most cases, damage inside a machine occurs before the machine is inspected closely or disassembled. In general, all damage is preceded by a certain symptom or condition. Early monitoring of symptoms of rotating-element damage in rotating machinery plays an important role in preventing fatal damage that can occur in the machine. In this report, vibration spectrum analysis was performed to a differential-gear transmission system in a motor vehicle that had been operated sufficiently, so that the condition of the real gear could be determined with no necessary for disassembly operation. The vibration spectrum analysis was mainly used to identify the signal disturbance in the belt for signal frequency due to misalignment and unbalance. For the testing of the differential-gear transmission system, Creative Soundblaster Audigy was used to record the sound signal during the test and MATLAB was used to display the frequency and time domains. This method is an alternative that is more simple than the common method using Dynamic Signal Analyzer (DSA).

Abstrak. Pada teknik perawatan tradisional untuk mesin, penjadwalan perbaikan umumnya sulit untuk dibuat dan dilaksanakan dikarenakan pekerjaan perbaikan tidak dapat ditentukan secara pasti tanpa membongkar mesin. Tanpa peralatan yang memadai, sulit untuk menentukan kondisi sebuah mesin dari tampilan luar. Pada kasus yang umum, kerusakan dalam mesin terjadi sebelum mesin diperiksa secara mendalam atau dibongkar. Umumnya seluruh kerusakan didahului oleh gejala atau kondisi tertentu. Pemantauan dini pada gejala-gejala kerusakan elemen berputar pada mesin berputar memiliki peran yang penting dalam mencegah kerusakan fatal pada mesin. Pada penelitian ini, analisis spektrum vibrasi dilakukan pada sistem transmisi differential gear pada kendaraan bermotor yang telah beroperasi dalam waktu yang cukup lama, sehingga kondisi nyata dari gear dapat ditentukan tanpa perlunya pembongkaran. Analisis spektrum vibrasi secara umum digunakan untuk mengidentifikasi gangguan sinyal pada frekuensi sinyal belt akibat adanya misalignment dan unbalance. Untuk pengujian sistem transmisi differential gear, Creative Soundblaster Audigy digunakan untuk merekam sinyal suara selama pengujian dan MATLAB digunakan untuk menampilkan domain frekuensi dan waktu. Metode ini adalah alternatif yang lebih sederhana dibandingkan dengan metode yang lebih umum menggunakan Dynamic Signal Analyzer (DSA).

Kata kunci: getaran, misalignment, unbalance, roda gigi differensial

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Dalam perawatan mesin secara tradisional, penjadwalan perbaikan biasanya sulit dibuat dan dilakukan karena kebutuhan perbaikan tidak dapat ditentukan secara pasti tanpa membongkar mesin yang bersangkutan.

Tanpa suatu sarana yang memadai untuk mengetahui kondisi mesin dari luar sangat sulit dalam mendeteksinya, kemungkinan besar kerusakan mesin sudah terjadi tanpa disentuh ataupun dibongkar. Pada umumnya suatu mesin apabila terjadi kerusakan untuk mengetahuinya harus dibongkar terlebih dahulu.

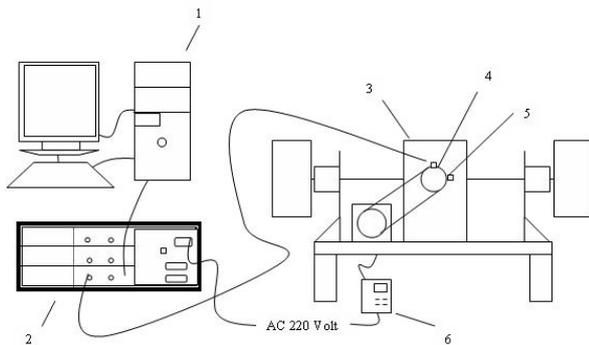
Pada saat ini teknologi modern memungkinkan berbagai cara untuk menentukan kondisi mesin dari luar. Yang paling efektif dari berbagai cara yang mungkin adalah menganalisis getaran tersebut. Bila kerusakan terjadi misalnya pada bantalan (*bearing*) atau *belt*, maka akan terjadi kenaikan tingkat getaran. Dengan melakukan pengamatan tingkat getaran secara berkala, maka sesuatu yang tidak normal dapat di deteksi sebelum kerusakan yang lebih besar atau fatal terjadi. Penting untuk dikemukakan disini bahwa karakteristik getaran yang dibangkitkan oleh suatu kerusakan pada mesin tersebut bersifat unik, sehingga dengan menganalisis sinyal getarannya karakteristik atau jenis

kerusakan sering dapat ditentukan. Kelebihan dari cara ini adalah bahwa kebutuhan perbaikan dan diskripsi kerusakannya dapat diketahui tanpa harus membongkar atau menghentikan suatu mesin tersebut.

Sekarang ini dapat dipastikan bahwa apabila terdapat sebuah industri yang dapat menghasilkan produk atau melakukan pekerjaan secara efektif dan efisien, maka industri tersebut pastilah pandai dalam memanfaatkan mesin yang dimilikinya secara tepat dan maksimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis spektrum getaran yang dihasilkan sistem getaran transmisi roda gigi secara efisien.

Metode Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis spektrum getaran yang ditimbulkan pada model sistem getaran transmisi roda gigi *differential* dengan menggunakan perangkat komputer (PC) yang dihubungkan dengan *hardware* DSA (*Dynamic Signal Analyzer*). Skema pengujian ditunjukkan pada gambar 1. Perangkat komputer tersebut juga dilengkapi dengan *Creative Sound-blaster LS 5.1* sebagai *soundcard* dan *MATLAB 6.5* sebagai *software*-nya. Adapun alat tambahan yang digunakan sebagai perekam sinyal suara, yaitu: *microphone* dan *printer* sebagai perangkat *output*.



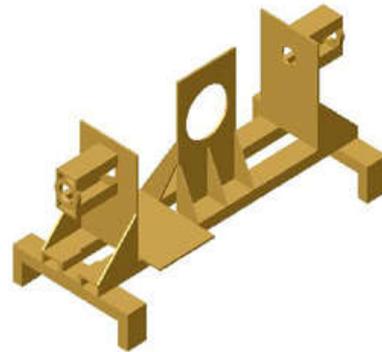
Gambar 1. Set-up perangkat pengujian dengan *hardware* DSA.

Keterangan gambar:

1. Perangkat komputer (PC).
2. *Dynamic Signal Analyzer* (DSA).
3. Model pengujian.
4. Titik sensor getaran radial.
5. Titik sensor getaran aksial.
6. *Inverter*.

Model pengujian selanjutnya dijabarkan menjadi dua bagian, yaitu: rangka dasar dan *spare part*. Model pengujian rangka dasar mempunyai rangka yang di desain sendiri agar model dapat bekerja secara optimal, sebagaimana tampak pada gambar 2. Sebagai bahan dasar dari kerang-kanya adalah besi kanal 'U', dengan dimensi 100x50x5 mm. Pelat-pelat besi yang digunakan semuanya memiliki tebal 8 mm dan dipakai sebagai dudukan motor

listrik, dudukan roda gigi *differential*, serta dudukan kedua poros. Sedangkan besi berbentuk lingkaran tebal 20 mm di desain khusus untuk dudukan cover kedua bantalan. Kese-luruhan model ini pada ke empat kakinya dipa-sangkan peredam karet berdiameter 54 mm dan tebal 30 mm.

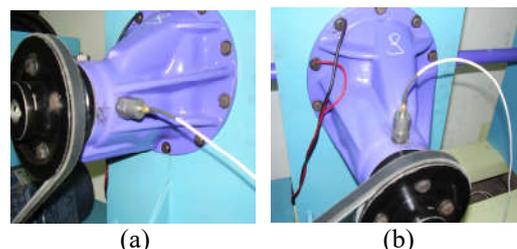


Gambar 2. Rangka dasar model pengujian.

Model pengujian *spare part* menggunakan gardan yang diadopsi dari kendaraan Toyota Kijang. Model ini menggunakan sebuah motor listrik tiga fasa merk Matri dengan daya *output* nominal sebesar 1 hp (*horse power*) sebagai motor penggerak menggantikan *gearbox* yang sebenarnya (ditunjukkan pada gambar 3 dan 4). Daya dari motor ini diteruskan oleh sebuah *belt* merk Bando jenis A-46, dengan pulinya yang berdiameter 6 inch dan bertipe A ke poros *drive pinion* sistem *differential* yang telah dipasangkan puli tipe A yang diameternya 5 inch. Sehingga rasio dari model ini dipercepat 1,2. Dari sistem *differential*, daya diteruskan melalui dua buah poros roda (kiri dan kanan) yang dilengkapi dengan bantalan. Bantalan yang digunakan bermerk Nachi dengan spesifikasi diameter dalam 34 mm, diameter luar 75 mm, lebar 15 mm.



Gambar 3. Foto set-up pengujian.



Gambar 4. Lokasi pengambilan data: a) Titik aksial, b) Titik radial

Suara yang ditimbulkan dari sistem tersebut direkam dengan menggunakan *Microphone* yang disambungkan ke *Soundcard* yang dihubungkan melalui program *Cool Edit Pro 2.0*, berupa tampilan domain waktu. Karena dalam domain waktu tidak dapat terdeteksi atau tidak dapat terlihat gangguan apa saja yang terjadi pada sistem tersebut, maka domain waktu tersebut akan diubah ke dalam bentuk domain frekuensi melalui program Matlab 6.5.

Salah satu hal yang sangat penting di dalam melakukan pengukuran getaran adalah keterulangan hasil yang diperoleh. Data yang dihasilkan dalam pengujian ini telah diperiksa keterulangannya, yang secara rinci dapat dibaca pada 5x hasil pengukuran.

Pengujian pengukuran sinyal getaran pada model sistem *differential* dilakukan pengujian statis dan dinamis. Pengujian statis berupa pengujian mencari frekuensi pribadi, sedangkan pengujian dinamis dilakukan untuk mencari spektrum getaran dengan menitikberatkan pada frekuensi *belt* dan *unbalance*.

Pengujian mencari frekuensi pribadi (f_n) model dilakukan dengan cara memberikan ketukan pada model dengan menggunakan “*hammer kit*” pada beberapa titik. Besar ketukan tersebut diukur dengan DSA, sehingga memperoleh hasil spektrum getaran yang memperlihatkan letak daerah frekuensi pribadi model. Dari hasil yang didapat, frekuensi yang paling sering muncul adalah 25 Hz ditetapkan sebagai frekuensi pribadi (f_n) model ini.

Pengujian spektrum getaran dilakukan dengan menguji model pada lima kecepatan yang berbeda, dimana pengamatan spektrum getaran yang ditampilkan menitikberatkan pada frekuensi *belt* dan *unbalance* dalam sebuah domain frekuensi.

Hasil dan Pembahasan

Pembahasan data hasil pengamatan spektrum getaran dilakukan pada kecepatan putar 300 s/d 1100 rpm yang diatur dengan menggunakan *inverter* dan *stroboscope*. Sinyal kontak gigi yang diamati adalah sinyal pada dua kali kecepatan putaran atau 2x frekuensi *belt*.

Tabel 1 menunjukkan frekuensi dan amplitudo yang didapat dari semua kecepatan putar, baik secara teoritis maupun secara pengujian eksperimental.

Tabel 1. Amplitudo frekuensi *belt* dan *unbalance*.

Kecepatan Putar (rpm)	8 bit	
	<i>Belt</i> (Hz)	<i>Unbalance</i> (Hz)
300	1,6	0,314
500	0,95	0,35
700	0,715	0,58
900	2,806	0,352

1100	3,506	0,95
------	-------	------

Dari tabel 1, dapat diketahui bahwa jika terjadi kenaikan amplitudo seiring bertambahnya kecepatan putar (rpm), nilai amplitudo frekuensi pada *belt* umumnya lebih besar daripada amplitudo frekuensi *unbalance*.

Penyimpangan yang terjadi pada frekuensi pengukuran realistis terhadap frekuensi teoritis sering ditemui dalam menganalisis suatu getaran, dan hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah sinyal dari luar sistem getaran yang bercampur dengan sinyal yang akan diidentifikasi dapat mengalami pengurangan atau penambahan nilai yang berpengaruh pada pembacaan kecepatan putar yang kurang tepat saat pengujian berlangsung dan juga akibat pengaruh letak frekuensi yang ditimbulkan.

Untuk itu penyimpangan yang terjadi pada frekuensi pengukuran ini dijabarkan melalui persentase penyimpangan antara frekuensi *belt* dan *unbalance* (tabel 2 dan 3). Pembahasan ini dilakukan pada putaran yang telah dipaparkan sebelumnya, yaitu: 300 s/d 1100 rpm.

Tabel 2. Persentase penyimpangan frekuensi *belt*.

Kecepatan Putar (rpm)	<i>Belt</i>		
	<i>Sound-Blaster</i> 8 bit (%)	DSA aksial (%)	DSA radial (%)
300	0,47	0,47	2,42
500	0,71	0,25	0,71
700	0,39	0,25	0,78
900	1,32	0,25	0,83
1100	1,9	0,25	0,73

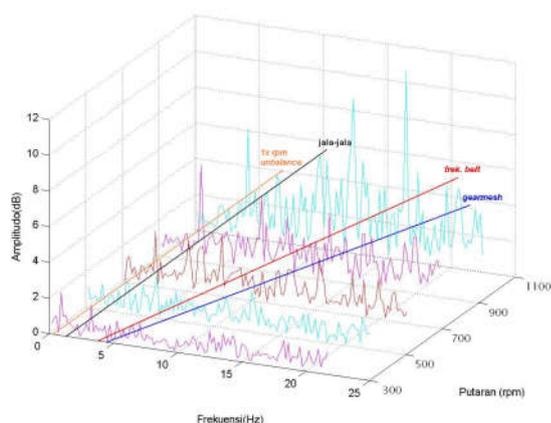
Tabel 3. Persentase penyimpangan frekuensi *unbalance*.

Kecepatan Putar (rpm)	<i>Unbalance</i>		
	<i>Sound-Blaster</i> 8 bit (%)	DSA aksial (%)	DSA radial (%)
300	0	0	0
500	0	3,96	3,96
700	2,83	2,83	5,74
900	5,73	0	0
1100	0,93	3,65	1,8

Untuk dapat melihat lebih jelas terhadap perubahan-perubahan frekuensi dan amplitudo yang dipengaruhi oleh perubahan kecepatan, maka disusun tampilan seluruh pengujian dengan berbagai kecepatan atau disebut “Peta Spektrum”.

Peta spektrum yang dibuat Matlab, memberikan keterangan mengenai frekuensi jala-jala 50 Hz dan gangguan motor listrik (2x frekuensi jala-jala), sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4. Gang-

guan itu akibat eksentrisitas, fasa tak seimbang, hubungan singkat pada gulungan.



Gambar 4. Peta spektrum 300 s/d 1100 rpm pada titik aksial (DSA).

Kesimpulan

Hasil analisis pengujian yang dilakukan pada model sistem transmisi roda gigi *differential* menunjukkan bahwa:

1. Hasil pengujian DSA memiliki penyimpangan pada frekuensi *belt* kurang dari 2,42 % terhadap data hasil teoritis.
2. Hasil pengujian DSA memiliki penyimpangan pada frekuensi *unbalance* dibawah 5,74 % terhadap data hasil teoritis.
3. Hasil pengujian dengan *soundblaster* pada frekuensi *belt* memiliki penyimpangan kurang dari 2,65 % terhadap hasil pengujian eksperimental dengan DSA.
4. Hasil pengujian dengan *soundblaster* pada frekuensi *unbalance* memiliki penyimpangan kurang dari 5,73 % terhadap hasil pengujian eksperimental dengan DSA.
5. Amplitudo frekuensi *belt* yang didapat hasilnya lebih besar daripada nilai amplitudo frekuensi *unbalance*.
6. Semakin cepat kecepatan putar motor listrik (rpm), maka semakin tinggi pula amplitudo frekuensi yang didapat.
7. Terdapat slip dan pembebanan pada sistem pengujian yang mengakibatkan putaran yang dihasilkan motor listrik tidak sama dengan putaran yang diberikan atau terlihat pada *inverter*, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya perbedaan atau pergeseran frekuensi dari hasil perhitungan teoritis dengan frekuensi hasil pengujian.

Referensi

[1] Goldman, Steve; “*Vibration Spectrum Analysis : A practical Approach*”; (New York: Industrial Press Inc., 1991).

[2] Inman, Daniel J.; “*Engineering Vibration*”; (Virginia: Prentice Hall International, Inc.. 1996).

[3] Tipler, Paul A.; “*Fisika untuk Sains dan Teknik*”; Penerbit Erlangga; Jakarta; 1998.

[4] “*Training Manual New Step 1*”; Training Center PT Toyota Astra Motor.

[5] “*Kursus Singkat Getaran Permesinan - Tingkat Lanjut*”; Diktat Kuliah; Lab. Dinamika Ilmu Rekayasa ITB; 1999.

[6] “*Kursus Singkat Getaran Permesinan - Tingkat Dasar*”; Diktat Kuliah; Lab. Dinamika Ilmu Rekayasa ITB; 1999.

[7] Noor Eddy, Analisis spektrum getaran untuk mengidentifikasi sinyal kontak gigi dalam sistem transmisi roda gigi kerucut jenis lurus dengan memanfaatkan matlab dan kreatif soundblaster live 5.1. – Jurnal Ilmiah Terakreditasi No. 39/Dikti/Kep/2004, MESIN, ISSN 1411-1330, Volume 7, No.1, Januari 2005.

[8] Noor Eddy, Analisa spektrum getaran untuk mengidentifikasi sinyal kontak gigi dalam sistem transmisi roda gigi diferensial dengan memanfaatkan creative soundblaster audigy LS 5.1 dan Matlab 6.5, Jurnal Ilmiah Terakreditasi No. 39/Dikti/Kep/2004, MESIN, ISSN 1411 - 1330, Volume 8, Nomor 2 Mei 2006.

[9] Noor Eddy, Eksperimental getaran pada model transmisi roda gigi dalam jenis lurus. - Jurnal Ilmiah Terakreditasi No. 39/Dikti/Kep/2004, MESIN, ISSN 1411-1330, Volume 8, Nomor 3 Oktober 2006.