

DETEKSI KERUSAKAN RODA GIGI DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN BERBASIS DOMAIN WAKTU

*Rif'an¹, Achmad Widodo², Djoeli Satrijo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ipanrifan@gmail.com

Abstrak

Sistem transmisi daya yang menggunakan roda gigi telah banyak digunakan pada berbagai jenis penggerak, putaran roda gigi akan menghasilkan gaya kontak antar gigi dan gaya kontak tersebut dapat membuat kerusakan pada permukaan gigi kemudian berlanjut pada kerusakan *pitting* dan berujung pada kerusakan yang parah. Untuk menghindari kerusakan roda gigi yang lebih parah dibutuhkan perawatan prediktif, salah satu perawatan prediktif dengan menggunakan sinyal getaran. Dari masalah inilah penelitian tentang roda gigi dilakukan, penelitian *gearbox* ini bertujuan menganalisis spectrum getaran dan karakteristik sesuai dengan jenis kerusakan roda gigi pada *gearbox* dengan secara eksperimen. Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji *test-rig gearbox*, dimana *gearbox* ini mempunyai rasio 1:2. Gear yang di uji adalah gear yang kecil, dengan bervariasi menjadi empat yaitu : kondisi roda gigi 1 normal, kondisi roda gigi 2 aus, kondisi roda gigi 3 patah setengah gigi dan kondisi roda gigi 4 patah satu gigi. Data yang diambil pada putaran poros roda gigi konstan 2000 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan putaran 2000 rpm, hasil eksperimen diperoleh paduan antara frekuensi, amplitude dan time. Untuk roda gigi normal memiliki *amplitude* cukup kecil yaitu 0.001 volt yang tingginya seragam. Berbeda untuk roda gigi rusak yang jauh lebih besar *amplitudanya*, untuk roda gigi aus memiliki *amplitude* 0.17 volt, roda gigi patah setengah gigi 0.19 volt dan roda gigi patah setengah gigi 0.21 volt.

Kata kunci: amplitude, perawatan prediktif, roda gigi, sinyal getaran.

Abstract

Power transmission system that uses the gears has been much used on many kinds of locomotion, round the gears will create a force contact between the teeth and style contact the can make damage to the surface teeth then continues to damage pitting and lead to any serious damage. To avoid damage gears that more severe needed care predictive, one care predictive signal by using unsteadiness. This is the problem of studies about gears, gearbox research aims to analyze the vibration spectrum and characteristics according to the type of damage the gears in the gearbox with experimentally. The method of this research is carried out using a test tool test-rig gearbox gearbox, where it had a ratio of 1: 2. The Gear in a gear test is small, The Gear in a gear test is small, with variation into four, namely: The condition gear 1 is normal, the condition of gear 2 is worn, the condition of gear 3 is broken half tooth and the condition of gear 4 is broke a tooth. Data taken on a round shaft gears of constant 2000 rpm. The research results showed that with a round of 2000 rpm, experimental results obtained by a combination of frequency, amplitude and time. for normal gear has a small amplitude at 0.001 volts high uniform. Different for gear damage far greater the amplitude, the gear with worn the amplitude has 0.17 volt, the gear with broken half tooth the amplitude has 0.19 volt and the gear with broke a tooth the amplitude has 0.21 volt

Keywords: amplitude, gears, predictive maintenance, vibration signal.

1. Pendahuluan

Pada beberapa unit mesin memiliki sistem pemindah tenaga yaitu *gearbox* yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya mesin ke salah satu bagian mesin lainnya, sehingga unit tersebut dapat bergerak menghasilkan sebuah pergerakan baik putaran maupun pergeseran.

Sistem transmisi daya yang menggunakan roda gigi telah banyak digunakan pada berbagai jenis penggerak. Hal ini disebabkan sistem transmisi yang menggunakan roda gigi memiliki beberapa kelebihan dibanding sistem transmisi lain [1].

Roda gigi yang dipakai terus menerus akan mengalami keausan dan berujung pada kerusakan yang fatal, oleh karena itu, dibutuhkan perawatan prediktif berupa deteksi dini ketidaknormalan roda gigi. Deteksi dini dan perkiraan umur roda gigi menjadi faktor penting untuk mendukung kinerja dari roda gigi. Perawatan prediktif roda gigi menggunakan sistem monitoring yang terdiri dari sensor dan data akuisisi. Sensor yang dimaksud untuk memantau sistem kerja roda gigi adalah sensor vibrasi yang dilengkapi dengan data akuisisi. Sensor ini berupa *accelerometer* yang terpasang pada test-rig roda gigi.

Kondisi roda gigi yang tidak normal dapat diketahui dari sinyal getaran, kerusakan roda gigi berkaitan dengan fluktuasi sinyal. Sedangkan pada roda gigi normal menghasilkan sinyal getaran yang stabil terhadap periode getaran. Salah satu penyebab kerusakan roda gigi yaitu gaya kontak roda gigi yang terus-menerus menjadi faktor roda gigi mengalami keausan, kegagalan permukaan roda gigi, gigi patah dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kerusakan roda gigi dengan menggunakan sinyal getaran. Deteksi ini bermaksud untuk menemukan sumber kerusakan roda gigi sehingga tidak mengalami kegagalan pada roda gigi dengan menggunakan analisis STFT, TSA, CWT dan sinyal residual [2].

2. Bahan dan Metode Penelitian

Seperangkat tes rig roda gigi Gambar 1. digunakan dengan mengevaluasi semua parameter yang disebutkan di atas. Kondisi getaran akan di ukur dan dianalisa menggunakan *FFT analysis*, *wavelet transform*, *time synchronous averaging and residual signal* dan *short time forrier transform*.

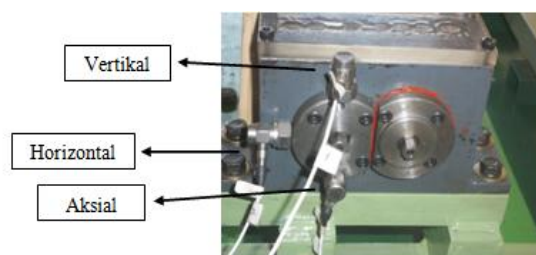


Gambar 1. Rest Rig Roda Gigi

2.1 Penentuan posisi sensor

Penentuan dari posisi sensor *accelerometer* dalam pengukuran getaran ini harus diperhatikan agar pembacaan sensor terhadap getaran dari tes rig roda gigi tersebut dapat maksimal dan valid. Posisi peletakan sensor yang paling baik adalah posisi dimana getaran akibat kontak gigi dapat tampak secara dominan, yaitu di dekat bantalan.

Penentuan letak sensor *accelerometer* pada perangkat tes rig roda gigi dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar tersebut tampak bahwa sensor getaran diletakkan pada rumahan bantalan di roda gigi yang divariasikan. Sensor getaran diletakkan pada 3 posisi, vertical, horizontal dan pada arah aksial dari poros masukan.



Gambar 2. Posisi Sensor

2.2 Prosedur Pengujian

Pada pengujian tes rig roda gigi ini digunakan empat data masukan. 1 sensor *tachometer* yang berfungsi untuk merekam kecepatan putar poros dan 3 sensor *accelerometer* yang berfungsi untuk merekam data sinyal getaran dari variasi kerusakan roda gigi. Sensor *accelerometer* ini dipasang pada 3 posisi yang berbeda, 2 sensor pada arah radial yang tegak lurus poros masukan dan 1 sensor pada arah aksial yang sejajar dengan poros masukan. Sensor pada arah radial dipasang pada 2 sumbu, yaitu sumbu vertical dan sumbu horizontal.

Ada empat variasi dari kondisi roda gigi, yaitu kondisi roda gigi normal, kondisi roda gigi aus, kondisi patah setengah gigi dan kondisi patah satu gigi. Keempat kondisi kerusakan tersebut akan di uji untuk mendapatkan data sinyal getaran yang nantinya akan diolah menjadi sinyal *Wavelet transform*, *short time fourrier transform*, *time synchronous averaging* dan *residual*.



Gambar 3. Variasi kondisi kerusakan roda gigi

Ada pun tahap tahap dalam prosedur pengambilan data pengambilan data adalah sebagai berikut:

- Pasang roda gigi yang akan diuji
- Pasang Accelrometer pada 3 posisi yaitu diposisi vertical , horizontal adan axial. Sesuai Gambar 2.
- Susun perangkat pengujian getaran
- Pilih beberapa parameter pengujian getaran sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan. Parameter parameter tersebut antara lain jenis pengujian, rentang frekuensi pengujian, kecermatan pengujian, dan fungsi jendela yang digunakan.
- Atur motor dengan kecepatan 1000 RPM sehingga pada poros roda gigi yang diuji dihasilkan kecepatan pada tachometer sebesar 2000 RPM, atur kecepatan hingga *steady*.
- Setelah kecepatan tachometer dalam keadaan *steady*, simpan data pengujian.
- Ulangi tahap 1 sampai 6 dengan mengganti roda gigi yang di uji [3].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis STFT

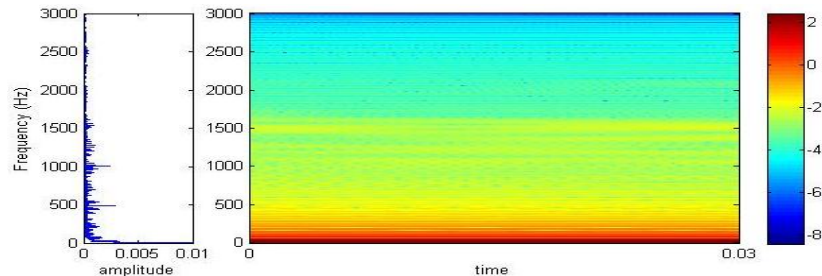
Tabel 1 menunjukkan hasil pembacaan tachometer yang dipasang pada gear box. Putaran motor di putar dengan kecepatan 1000 RPM sehingga menghasilkan 2000 RPM pada benda uji, karena gear box memiliki rasio perbandingan 1:2. Roda gigi yang di uji memiliki 4 variasi yaitu : normal, aus, patah setengah gigi dan patah satu gigi. Kecepatan motor disesuaikan sampai 2000 rpm atau mendekati, ketika pada keadaan normal untuk mendapatkan nilai rpm yang *steady* lebih mudah dibanding pada keadaan roda gigi yang rusak.

Tabel 1. Data pengukuran pada berbagai kondisi

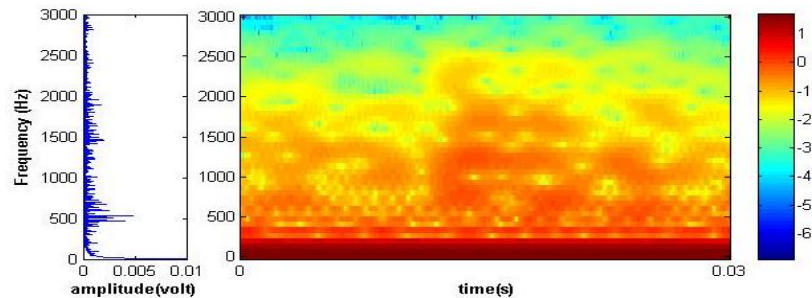
NO.	Kondisi roda gigi	Putaran(RPM)	Frekuensi(Hz)	1 putaran (data)
1.	Normal	2001.5	33.36	309
2.	Aus	2002.4	33.37	309
3.	Patah setengah gigi	2005.6	33.42	309
4.	Patah satu gigi	2006.8	33.44	309

Pada Gambar 4 sampai Gambar 7 menunjukkan sinyal hasil pengolahan STFT dimana sinyal ini adalah perpaduan antara *amplitude*, *time* dan *frequency*. Semakin tinggi nilai ketiganya maka akan menghasilkan warna dari kuning sampai ke merah, sedangkan semakin rendah nilai keduanya maka warnanya dari kuning menuju kebiru.

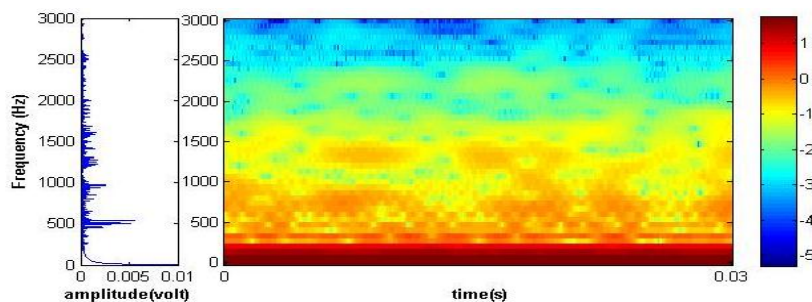
sinyal STFT pada roda gigi normal dimana pada roda gigi normal memiliki *amplitude* yang sangat kecil sehingga gradasi warnanya teratur dari merah menuju kebiru dan pada roda gigi cacat (aus, patah setengah gigi dan patah satu gigi) dimana pada roda gigi cacat memiliki gradasi warnanya tidak teratur dimana pada frekuensi 0 sampai 2000 Hz memiliki *amplitude* yang cukup besar yang ditunjukkan oleh dominasi warna merah sedangkan pada frekuensi 2000 sampai 3000 Hz cenderung dari warna hijau menuju kebiru.



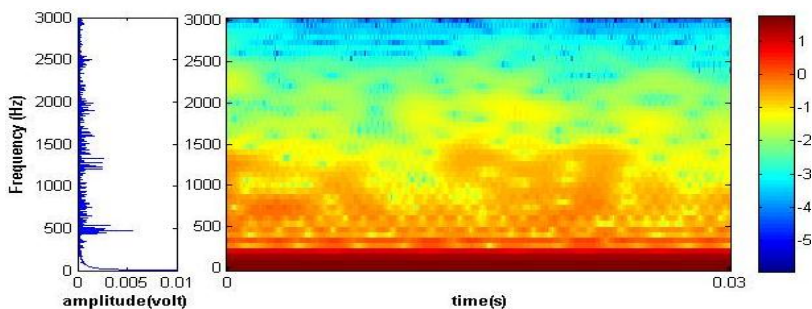
Gambar 4. Sinyal STFT pada roda gigi kondisi normal



Gambar 5. Sinyal STFT pada roda gigi kondisi aus



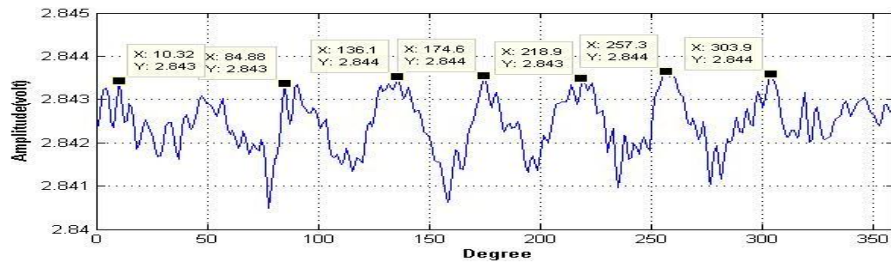
Gambar 6. Sinyal STFT pada roda gigi kondisi patah setengah gigi



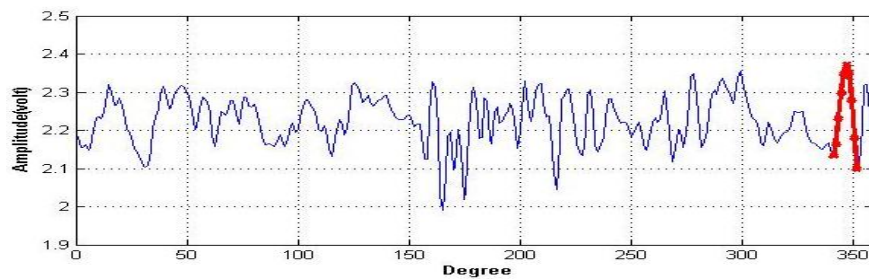
Gambar 7. Sinyal STFT pada roda gigi kondisi patah satu gigi

3.2 Analisis TSA

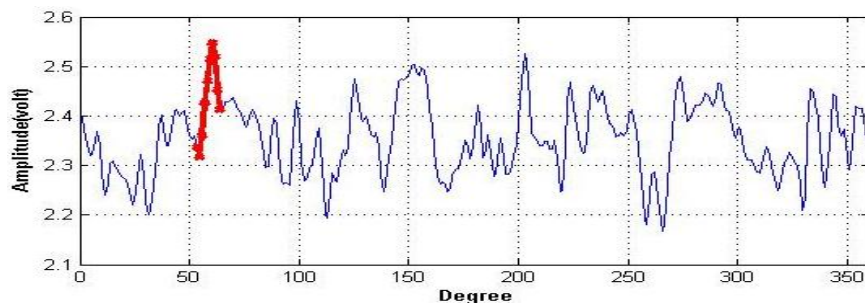
Pada Gambar 8 sampai Gambar 11 menunjukkan hasil pengolahan sinyal dengan menggunakan time synchronous averaging. TSA adalah program lanjutan dari program STFT, sinyal TSA akan menampilkan sinyal asli dengan cara mereduksi noise atau sumber getaran selain dari alat uji. Sehingga kerusakan pada mesin dapat dideteksi dengan detail posisi kerusakan dan besarnya *amplitude*.



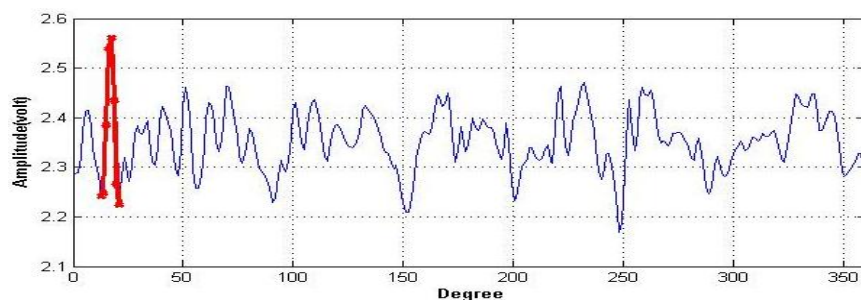
Gambar 8. Sinyal TSA pada roda gigi kondisi normal



Gambar 9. Sinyal TSA pada roda gigi kondisi aus



Gambar 10. Sinyal TSA pada roda gigi kondisi patah setengah gigi

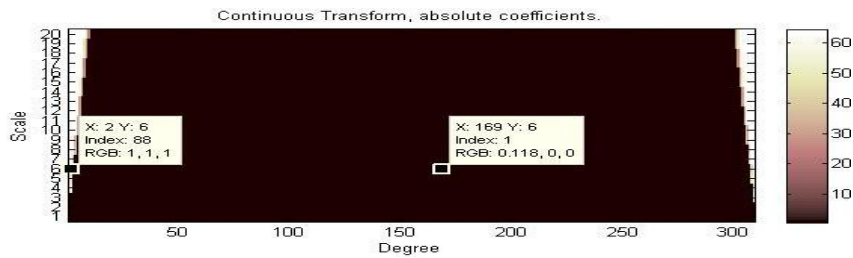


Gambar 11. Sinyal TSA pada roda gigi kondisi patah satu gigi

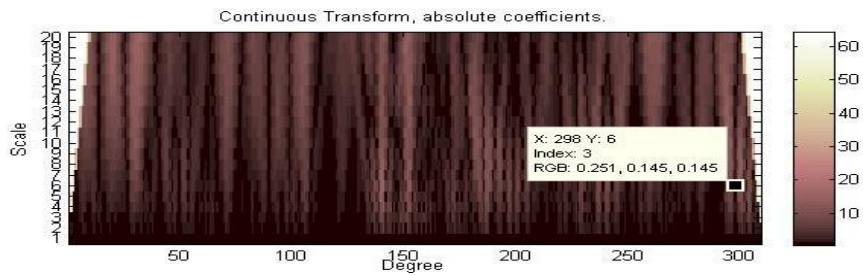
Pada Gambar 8 sampai Gambar 11 menunjukkan karakteristik getaran pada sinyal TSA pada roda gigi normal berbeda dengan roda gigi rusak, dimana *amplitude* tertinggi terdapat pada roda gigi patah satu gigi pada *amplitude* 0.21 volt dan putaran ke 17.31° dan *amplitude* terendah pada roda gigi normal dengan *amplitude* 0.001 volt, sedangkan pada roda gigi aus terjadi keausan pada *amplitude* 0.17 volt dan putaran ke 347° dan roda gigi patah setengah gigi terjadi kerusakan pada *amplitude* 0.19 volt dan putaran ke 60.42°.

3.2 Analisis *Continuous Wavelet Transform* (CWT)

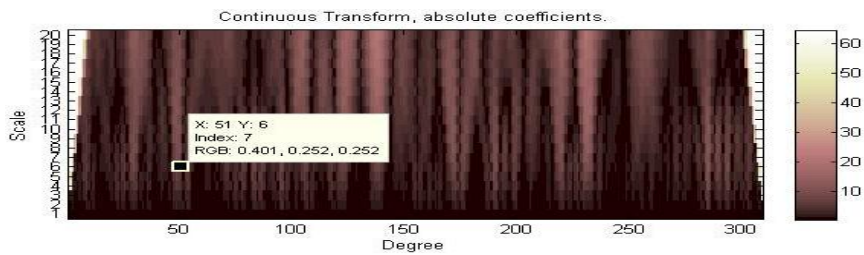
Pada Gambar 12 sampai Gambar 15 menunjukkan hasil pengolahan sinyal dengan menggunakan *Continuous Wavelet Transform*. Prinsip analisis CWT adalah mengetahui fenomena besarnya *amplitude* sesuai dengan skalanya (dilasi) [4].



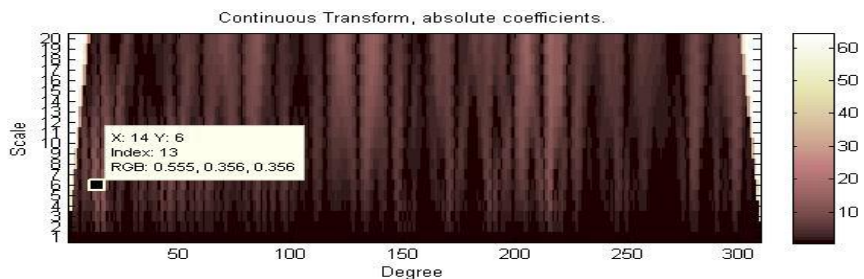
Gambar 12. Sinyal CWT pada roda gigi kondisi normal



Gambar 13. Sinyal CWT pada roda gigi kondisi aus



Gambar 14. Sinyal CWT pada roda gigi kondisi patah setengah gigi

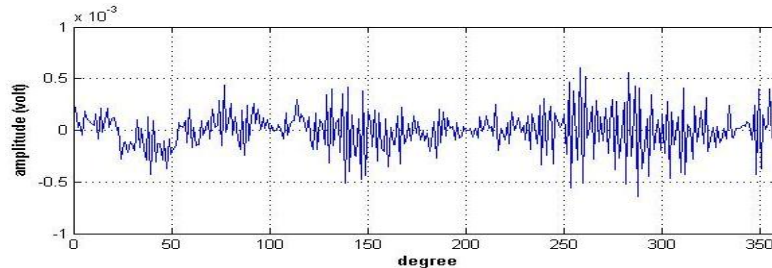


Gambar 15. Sinyal CWT pada roda gigi kondisi patah satu gigi

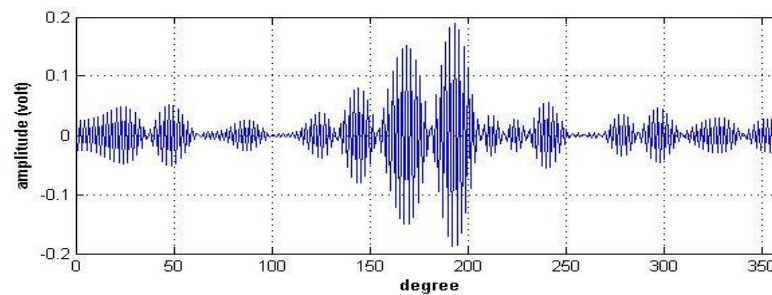
Pada Gambar 12 sampai Gambar 15 menunjukkan karakteristik getaran pada CWT pada roda gigi normal berbeda dengan roda gigi rusak, dimana skala warna terendah 0.118 untuk roda gigi normal dan skala warna tertinggi terdapat pada roda gigi patah satu gigi dengan skala warna 0.555, sedangkan pada roda gigi aus memiliki skala warna 0.251 dan roda gigi patah setengah gigi memiliki skala warna 0.401.

3.1 Analisis Sinyal Residual

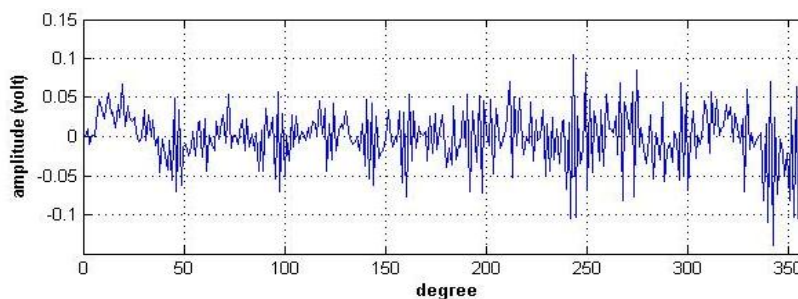
Untuk Gambar 16 sampai Gambar 19 menunjukkan sinyal getaran dengan menggunakan residual signal



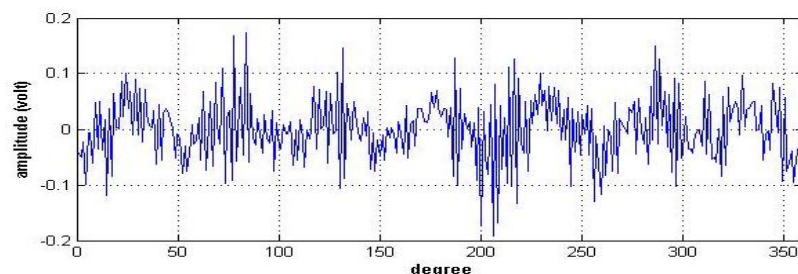
Gambar 16. Sinyal getaran *residual* pada roda gigi kondisi normal



Gambar 17. Sinyal getaran *residual* pada roda gigi kondisi aus



Gambar 18. Sinyal getaran *residual* pada roda gigi kondisi patah setengah gigi



Gambar 19. Sinyal getaran *residual* pada roda gigi kondisi patah satu gigi

Gambar 16 sampai Gambar 19 kondisi normal memiliki *amplitude* yang sangat kecil 6.2×10^{-4} volt, kondisi aus memiliki *amplitude* sebesar 0,1616 volt, kondisi patah setengah gigi memiliki *amplitude* sebesar ,12 volt dan kondisi patah satu gigi memiliki *amplitude* sebesar 0,1815 volt.

4. Kesimpulan

- Pada sinyal STFT untuk roda gigi normal menunjukkan nilai *amplitude* yang kecil dengan ditandai dominasi warna kuning dan biru yang teratur. Untuk roda gigi rusak menunjukkan nilai *amplitude* yang besar dengan ditandai kepekatan warna merah, kuning dan biru yang tidak beraturan
- Karakteristik getaran pada sinyal TSA untuk roda gigi normal memiliki *amplitude* cukup kecil yaitu 0.001 volt yang tingginya seragam. Berbeda untuk roda gigi rusak yang jauh lebih besar *amplitudanya*, untuk roda gigi aus memiliki *amplitude* 0.17 volt, roda gigi patah setengah gigi 0.19 volt dan roda gigi patah setengah gigi 0.21 volt.
- Pada sinyal CWT untuk roda gigi memiliki gradasi warna hitam sebesar 0.118 yang seragam hal ini disebabkan besarnya *amplitude* yang sangat kecil. Untuk roda gigi rusak memiliki gradasi warna hitam putih yang dikarenakan nilai *amplitude* yang besar, roda gigi aus memiliki gradasi warna 0.251, roda gigi patah setengah gigi memiliki gradasi warna 0.401 dan patah satu gigi memiliki gradasi warna 0.555
- Sinyal residual memiliki besar *amplitude* lebih kecil dibanding sinyal TSA, hal ini dikarenakan sinyal residual dihasilkan dengan mengeliminasi GMF dan *sideband*.

5. Daftar Pustaka

- [1]. Satrijo D. Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring. Modul 1, *ELEMEN MESIN III*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 1998.
- [2]. Dalpiaz G., Rivola A. and Rubini R., *Gear Fault Monitoring : Comparison Of Vibration Analisis Techniques*. Mechanical System and Signal Processing, Vol.3, 387–412, 2000.
- [3]. Swara Y.M. *Penerapan Analisis Cepstrum Getaran Pada Sistem Transmisi Roda Gigi Lurus Bertingkat*. Tesis, Program Studi teknik Mesin ITB, 2008.
- [4]. Jing Y, *Early Fault Detection for Gear Shaft and Planetary Gear Based on Wavelet and Hidden Markov Modeling*, Doctor of Philosophy Graduate Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto, 2011.