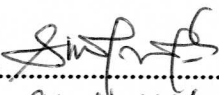


PENGESAHAN PENYELIA

“Saya akui bahawa telah membaca thesis ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan).”

Tandatangan: 
Penyelia:
Tarikh:
SITI NORBAYA SAHAADIN
30 JUN 2015

**KESAN JENIS ANAK GELOMBANG (WAVELET) DI DALAM
PENGESANAN KEROSAKAN GEAR BAGI ISYARAT GETARAN**

MOHD RIDHWAN BIN ABD RAHIM


**Laporan ini dikemukakan sebagai
Memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

JUN 2015

PENGAKUAN

“Saya akui thesis ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHD RIDHWAN BIN ABD RAHIM

Tarikh : 30 / 06 / 2015

**Khas buat
Ayah dan ibu tersayang**

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izinNya, saya telah berjaya menyempurnakan tugas kali ini pada waktu yang telah ditetapkan tanpa sebarang kesulitan yang sukar saya alami. Justeru itu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua individu yang telah membantu saya dalam menyempurnakan kertas kerja bagi Projek Sarjana Muda ini. Seterusnya, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia Pn. Siti Norbaya binti Sahadan untuk segala ilmu yang telah dikongsi, segala tunjuk ajar serta dorongan dan sokongan beliau dalam membantu saya menyempurnakan tugas yang diberi. Selain itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada rakan seperjuangan yang juga telah memberi pertolongan dan perkongsian ilmu dan idea bagi memudahkan saya menyempurnakan kertas kerja ini.

Akhir sekali, jutaan terima kasih ingin saya ucapkan kepada semua ahli keluarga saya yang telah memberi sokongan yang jitu dari segi fizikal dan mental serta telah meniupkan semangat kejayaan untuk saya terus mencapai kejayaan. Seterusnya, ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada semua yang telah membantu saya secara langsung dan tidak langsung dan saya amat menghargai sumbangan dan bantuan mereka. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Hampir semua mesin yang digunakan di industri melibatkan komponen mekanikal dan gear merupakan sejenis alat yang digunakan dengan meluas untuk menghantar dan memindahkan daya kilas. Setiap jenis gear mempunyai tahap ketahanannya sendiri dan apabila daya kilas diberikan secara berlebihan atau berterusan, ia akan memberikan tahap kecenderungan untuk gear mengalami kerosakan. Kebiasaannya, gigi gear akan menerima tekanan dalaman dan akan menyebabkan kelesuan pada gigi gear apabila menerima beban berulang. Penggunaan gear rosak pada mesin akan memberikan kemudaratan pada kerja yang dilakukan serta memerlukan kos yang tinggi untuk dibaikpulih. Untuk mengatasi masalah ini, pemantauan dan penyelenggaraan gear boleh dilakukan bagi memantau keadaan gear di samping menjimatkan kos baikpulih. Kajian ini akan mengkaji jenis ibu gelombang di dalam pengesanan kerosakan gear bagi isyarat getaran. Terdapat pelbagai kaedah yang boleh digunakan untuk menganalisis anak gelombang. Keperluan kepada pemilihan ibu gelombang yang mengesan kerosakan yang dikesan dalam isyarat amat penting agar pemantauan kerosakan pada gear dapat dijalankan dengan lebih berkesan. Analisis ini akan menggunakan perisian MATLAB sebagai medium untuk menganalisis data. Data akan dianalisis menggunakan beberapa kaedah yang terdapat di dalam Jelmaan gelombang berterusan (CWT) dan jelmaan gelombang diskret (DWT). Setiap jenis kaedah analisis yang dilakukan akan menghasilkan keputusan yang berlainan. Kesimpulannya, pemilihan kaedah menganalisis amat penting bagi mendapatkan keputusan yang terbaik.

ABSTRACT

Almost all machines used in industry involves mechanical components and gear is a device widely used to send and transfer torque. Each type of gear has its own durability level and when torque given in excessive or continuously, it will give the tendency to gear damage. Usually, the teeth will received a local stress which can actually letting fatigue to the gear teeth under repeat cycle loading. Used faulty gear on the machine will give harm on the work and it make a high cost to be recovered. To overcome this matter, gear monitoring and maintenance can be done to monitor the situation and also saves cost for repair fault in machine. To overcome this problem, monitoring and maintenance of gear can be done to monitor the situation and also saves cost of repairs. This study will review about the different types of mother wavelet in gear fault detection using vibration signal. There are various methods that can be used to analyze wavelet. Requirement to choose mother wavelet which detect faults detected in the signal is very important in order to monitor damage to the gear can be carried out more effectively. This analysis will use MATLAB as a medium for analyzing data. Data will be analyzed using several methods available in Continuous wavelet transform (CWT) and Discrete Wavelet Transform (DWT). Each type of analysis methods will produce different results. In conclusion, the choice of the method of analysis is very important to get the best results.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGESAHAN PENYELIA	i
	PENGAKUAN	iii
	DEDIKASI	iv
	PENGHARGAAN	v
	ABSTRAK	vi
	ABSTRACT	vii
	ISI KANDUNGAN	viii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI SIMBOL	xvi
	SINGKATAN	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xviii

BAB 1	PENGENALAN	
1.1	Penyata masalah	3
1.2	Objektif	3
1.3	Skop	4
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	
2.1	Gear taji	6
2.1.1	Masalah gear	7
2.1.2	Mod kerosakan gear	7
2.2	Diagnosis kesalah	13
2.3	Analisis getaran	16
2.4	Teknik-teknik analisis getaran	18
2.4.1	Analisis domain masa	18
2.4.1.1	Analisis gelombang masa	19
2.4.1.2	Indeks	20
2.4.1.3	Kaedah statistik	21
2.4.2	Analisis frekuensi domain	21
2.4.2.1	Jelmaan fourier pantas	22
2.4.2.2	Analisis jalur frekuensi	24
2.4.2.3	Analisis spektrum	25
2.4.2.4	Penukaran kepada frekuensi domain	26

2.5	Jelmaan anak gelombang	27
2.5.1	Jelmaan anak gelombang berterusan	27
2.5.2	Jelmaan anak gelombang diskret	29
BAB 3	METODOLOGI	
3.1	Carta alir	31
3.2	Penganalisis isyarat	33
3.2.1	Perisian Labview 8.2	33
3.2.2	Perisian MATLAB	34
3.3	Penganalisis isyarat	35
3.3.1	Analisis domain masa	36
3.3.2	Analisis domain frekuensi	36
3.3.3	Analisis masa-frekuensi domain	36
3.4	Jelmaan anak-gelombang	37
3.5	Pemilihan ibu gelombang	38
3.6	Scalogram	39
3.7	Algoritma analisis isyarat	40
3.8	Prosedur Analisis	41
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	46
4.1	Gear	47
4.2	Domain masa	48
4.3	Domain frekuensi	51
4.4	Jelmaan anak-gelombang	55
4.4.1	Gear baru	56

4.4.2 Gear rosak	61
4.4.3 Perbandingan antara gear baru dan gear rosak	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Cadangan	71
RUJUKAN	72
LAMPIRAN	75

SENARAI JADUAL

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Jadual 2.1 : Kesalahan yang biasa dikesan menggunakan kaedah getaran	15
2	Jadual 2.2 : Ringkasan mod kegagalan kritikal	16

SENARAI RAJAH

Bil	TAJUK	MUKA SURAT
1	Rajah 2.1: Mod kegagalan gear	8
2	Rajah 2.2: Garit berlaku pada gigi gear	9
3	Rajah 2.3 Haus peringkat sederhana pada gear	10
4	Rajah 2.4: Kerosakan gear akibat bopeng	11
5	Rajah 2.5 gear rosak akibat aliran plastik	11
6	Rajah 2.6 : Gear yang mengalami kepatahan gigi	12
7	Rajah 2.7 : Gelombang isyarat getaran gear	19
8	Rajah 2.8 :Spektrum FFT	23
9	Rajah 2.9 : Contoh resolusi yang dikeluarkan oleh jelmaan anak gelombang berterusan	28
10	Rajah 3.1 : Carta alir	32
11	Rajah 3.2 :Tetingkap perisian Labview 8.2	34
12	Rajah 3.3: Contoh antara muka pengguna dalam perisian MATLAB	35
13	Rajah 3.4 : Contoh scalogram dalam perisian MATLAB	39

14	Rajah 3.5: Algoritma menganalisis isyarat	40
15	Rajah 3.6: (a)Data mentah daripada eksperimen yang dijalankan (b) Data di dalam <i>excel</i>	41
16	Rajah 3.7: Pengekodaan Domain Masa	42
17	Rajah 3.8: Pengekodaan Jelmaan Fourier Pantas(FFT)	43
18	Rajah 3.9: Pengekodaan jelmaan anak-gelombang (Daubechies,Db4)	44
19	Rajah 3.10: Pengekodaan jelmaan anak-gelombang(Morlet)	44
20	Rajah 3.11: Pengekodaan jelmaan anak-gelombang(Haar)	44
21	Rajah 4.1: Isyarat domain masa daripada gear baru pada (a) 5 minit, (b) 10 minit, dan (c) 15 minit	49
22	Rajah 4.2: Isyarat domain masa daripada gear rosak pada (a) 5 minit, (b) 10 minit, dan (c) 15 minit	50
23	Rajah 4.3: Isyarat domain frekuensi daripada gear baru pada (a) 5 minit, (b) 10 minit, dan (c) 15 minit	53
24	Rajah 4.4: Isyarat domain frekuensi daripada gear rosak pada (a) 5 minit, (b) 10 minit, dan (c) 15 minit	54
25	Rajah 4.5: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear baru pada 5 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar	58
26	Rajah 4.6: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear baru pada 10 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar	69
27	Rajah 4.7: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear baru pada 15 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar	60
28	Rajah 4.8: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear rosak	63

- pada 5 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza
(a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar
- 29 Rajah 4.9: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear rosak pada 10 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar 64
- 30 Rajah 4.10: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear rosak pada 15 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar 65
- 31 Rajah 4.11: Isyarat jelmaan anak-gelombang gear baru (i) dan gear rosak (ii) pada 10 minit dengan menggunakan kaedah yang berbeza (a) Db4, (b) Morlet dan (c) Haar 68

SENARAI SIMBOL

%	=	Percentage
°F	=	Ferenheit
$\sqrt{(T_a^2)}$	=	Average Quantity Within Volume
σ_a	=	Bending Stress Amplitude
τ_a	=	Torsion Stress Amplitude
λ	=	Lamda
J_1	=	First Invariant of Stress
ξ	=	Zetha
x_i	=	Vibration Amplitude in Time History
μ	=	Micro
σ	=	Sigma
ψ	=	psi
K	=	Wear Coefficient
Re	=	Nombor Reynolds
V	=	Volume
F	=	Force
S	=	Length

SINGKATAN KATA

DFT	=	Discrete Fourier Transform
WPT	=	Wavelet Package Transform
RMS	=	overall root mean square
FFT	=	fast Fourier transforms
ERPI	=	Electric Power Research Institute
MWT	=	Morlet wavelets transform
HWT	=	Harmonic wavelets transform
HHT	=	Hilbert Huang transform
SVD	=	singular value decomposition
UTeM	=	Universiti Teknikal Malaysia Melaka

SENARAI LAMPIRAN

NO	TAJUK	MUKA SURAT
1	LAMPIRAN A: Carta Gantt untuk PSM 1	75
2	LAMPIRAN B: Carta Gantt untuk PSM 2	76

BAB 1

PENGENALAN

1.0 PENGENALAN

Gear adalah sejenis komponen berputar yang mempunyai gigi dan ruang gigi pada lilitan luarnya. Pada kebiasaannya gear bekerja secara berpasangan atau lebih. Ini adalah kerana gear digunakan untuk memindahkan daya kilas putaran dengan lancar. Gear yang bekerja secara berkumpulan kebiasaannya dipanggil transmisi. Setiap jenis gear yang digunakan mempunyai tahap ketahanannya sendiri dan apabila daya kilas diberikan secara berlebihan atau berterusan kepada gear, ia akan memberi tahap kecenderungan untuk gear retak yang lebih tinggi berbanding biasa.

Kebiasaannya, diagnosis kegagalan dilakukan bagi mengesan tahap keretakan yang berlaku pada gear yang digunakan. Terdapat pelbagai kaedah yang boleh digunakan untuk menjalankan diagnosis antaranya ialah menggunakan kaedah getaran. Untuk menjalankan kaedah getaran ini, meter pecut digunakan untuk mengesan getaran yang berlaku semasa gear berputar. Meter pecut akan mengesan ketidakseimbangan dan tingkahlaku yang berlaku pada gear yang berputar dan akan menghantar isyarat elektrik kepada komputer penganalisis untuk dianalisis (Sinha, 2004). Diagnosis ini amat perlu dilakukan untuk mengurangkan kos yang tinggi untuk penambahbaikan dan mengurangkan risiko kepada pengendali jika bahagian yang retak itu boleh membawa kerosakan (Aherwar & Khalid, 2012). Hasil daripada data yang didapati dari diagnosis getaran ini dikenali sebagai data asal.

Analisis Anak gelombang (*wavelet*) merupakan fungsi matematik yang membahagikan data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeza, kemudian analisis dilakukan untuk komponen masing-masing menggunakan resolusi yang sesuai dengan skala (Graps, 1995). Pada kebiasaan, daripada data asal isyarat getaran hanya mengeluarkan analisis domain-masa yang mana agak sukar untuk mengesan kerosakan yang berlaku pada gear. Untuk mengatasi masalah ini, Jelmaan fourier pantas (Fast Fourier Transform,FFT) digunakan dan ini adalah salah satu daripada teknik analisis yang sesuai untuk digunakan bagi mengeluarkan ciri-ciri frekuensi. Analisis dalam domain-frekuensi bukanlah data yang sesuai untuk mengesan kerosakan pada bahagian yang berputar yang mana melibatkan frekuensi dan masa yang berbeza (Polikar, 2006) dengan isyarat yang tidak statik. Kaedah yang paling sesuai untuk mengesan isyarat yang tidak statik adalah domain masa-frekuensi, kaedah ini akan memberikan keputusan dan tafsiran yang terbaik untuk mengesan kerosakan (Safizadeh et al. 2004). Pemprosesan isyarat di dalam domain masa-frekuensi ini boleh dikeluarkan melalui jelmaan fourier masa pendek (Short Time Fourier Transform,STFT) dan jelmaan gelombang (Wavelet Transform,WT) seperti jelmaan gelombang berterusan (Continous Wavelet Transform,CWT) dan jelmaan gelombang diskret (Discrete Wavelet Transform,DWT).

Dalam menganalisis data domain masa-frekuensi ini, terdapat pelbagai jenis kaedah boleh digunakan. Setiap kaedah yang digunakan akan menghasilkan keputusan yang berlainan (Salman Leong, 2013). Disebabkan itu pemilihan kaedah adalah sangat penting di dalam kajian ini untuk mendapat keputusan yang terbaik.

1.1 PENYATAAN MASALAH

Gear sering digunakan secara berpasangan untuk menghantar tork putaran dan dapat menghasilkan satu kelebihan mekanikal melalui nisbah putaran. Walaubagaimanapun gear mempunyai tahap ketahanan tertentu mengikut penggunaan. Gear yang dikenakan beban yang berlebihan atau berterusan akan menyebabkan kerosakan berlaku. Kajian berkaitan pemantauan kerosakan gear akan menggunakan kaedah getaran. Analisis isyarat getaran menggunakan anak gelombang(wavelet) semakin banyak digunakan. Isyarat getaran akan memberikan keputusan yang memuaskan dan dapat mengurangkan kos penyelenggaraan. Keperluan kepada pemilihan anak gelombang yang mengesan kerosakan yang dikesan dalam isyarat amat penting agar pemantauan kerosakan pada gear dapat dijalankan dengan lebih berkesan.

1.2 OBJEKTIF

Objektif yang dipertimbangkan kepada kajian ini ialah:

- i. Untuk mengesan kerosakan yang biasa berlaku di dalam sistem gear.
- ii. Untuk membangunkan teknik pengesanan kerosakan dengan menggunakan isyarat getaran.
- iii. Membandingkan kaedah yang terbaik untuk mengesan kerosakan pada isyarat getaran menggunakan jelmaan anak-gelombang

1.3 SKOP

Dalam kajian ini, pelajar akan mengkaji ciri-ciri kerosakan di dalam isyarat getaran. Pemantauan ciri-ciri kerosakan di dalam isyarat ini menggunakan kaedah penjelmaan anak gelombang(wavelet). Jenis anak gelombang yang berlainan untuk mengesan ciri kerosakan akan dibandingkan, seterusnya anak gelombang yang terbaik akan dipilih sebagai pengesanan kerosakan gear di dalam kerosakan. Data yang diperoleh adalah hasil daripada kajian terdahulu yang turut mengkaji tentang kerosakan pada gear digunakan dalam analisis ini.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.0 PENGENALAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai kajian-kajian ilmiah yang berkaitan dengan tajuk yang dikaji dalam Projek Sarjana Muda (PSM) ini. Bahan-bahan kajian ini merupakan perolehan dari buku, artikel dari internet, laman sesawang, dan jurnal yang amat berguna dalam membantu penyelidikan serta kajian terhadap kesan jenis anak gelombang (wavelet) di dalam pengesanan kerosakan gear bagi isyarat getaran. Terdapat pelbagai jenis kaedah yang boleh digunakan untuk menganalisis data yang telah dikeluarkan.

2.1 Gear taji

Gear adalah salah satu komponen mekanikal yang digunakan secara meluas dalam pelbagai jenis jentera dan pada kebiasaan melakukan kerja yang berat (Haiyang, 2013). Terdapat empat kumpulan utama bagi gear iaitu gear taji, gear heliks & pilin, batang ulir & gear ulir dan gear serong. Setiap jenis gear mempunyai bentuk gigi yang berbeza antara satu sama lain. Gear taji merupakan gear yang mempunyai bentuk gigi yang mudah berbanding jenis gear yang lain.

Gear taji merupakan salah satu jenis gear yang paling banyak digunakan di dalam mekanisma penghantaran kuasa dari pengumpar ke pengumpar yang lain. Gear taji bermaksud dua roda bergigi yang bertemu atau bersentuhan antara satu sama lain pada sebelah luar atau dalam. Gigi bagi gear taji adalah lurus dan gigi adalah selari dengan paksi gear dan aci yang mana gear itu dipasangkan. Ciri ini menyebabkan gear taji bebas dari sebarang daya paksi yang dihasilkan oleh beban yang ditanggung gear. Selain itu, jika gear dikerat pada sebarang titik di sepanjang paksi akan menghasilkan bentuk keratan rentas gigi gear yang sama. Gear taji digunakan untuk menghantar gerakan dan memutar dua batang aci yang selari, tetapi arah putarannya yang berlawanan. Selain itu, gear ini juga digunakan untuk menukarkan gerakan putaran kepada gerakan lurus atau gerakan salingan yang bersudut tepat dengan paksi putaran.