

ANALISIS PENGARUH MISALIGNMENT TERHADAP VIBRASI DAN KINERJA MOTOR INDUKSI

Andi Ulfiana

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru - UI Depok 16425

ABSTRACT

Vibration caused by misalignment of induction motor is detected by using Micro-Electro-Mechanical System (MEMS) and piezoelectric sensor. Measurement is done with alignment and misalignment. Vibration signal is presented by using LabVIEW through Data Acquisition (DAQ) Card and by monitoring variable of, voltage, current, electric power and motor speed. Vibration analysis is done by perceiving frequency and amplitude of signal with alignment and misalignment. Vibration analysis is done by using Fast Fourier Transform (FFT) and Wavelet Transform (WT). Calculation of energy consumption is done with alignment and misalignment.

Keywords : *misalignment, vibration, induction motor, MEMS, piezoelectric, LabVIEW, Fast Fourier Transform, Wavelet Transform.*

ABSTRAK

Vibrasi akibat misalignment pada motor induksi dideteksi menggunakan sensor Micro-Electro-Mechanical System (MEMS) dan piezoelektrik. Pengukuran dilakukan saat kondisi alignment dan misalignment. Sinyal vibrasi ditampilkan menggunakan LabVIEW melalui Data Acquisition (DAQ) Card. Dilakukan pengamatan tegangan, arus, daya listrik dan putaran motor. Analisis vibrasi dilakukan dengan mengamati amplitudo dan frekwensi sinyal untuk kondisi alignment dan misalignment. Analisis vibrasi dilakukan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT), Short Time Fourier Transform (STFT) dan Wavelet Transform (WT). Dilakukan perbandingan konsumsi energi saat alignment dan misalignment.

Kata Kunci: *misalignment, vibrasi, motor induksi, MEMS, piezoelektrik, LabVIEW, Fast Fourier Transform, Short Time Fourier Transform, Wavelet Transform.*

PENDAHULUAN

Motor induksi banyak digunakan di industri dan di rumah tangga karena konstruksinya sederhana, pengoperasian mudah dan mempunyai kecepatan yang relatif konstan. Motor induksi digunakan pada conveyor, mesin bubut dan lain-lain.

Pemeliharaan/perawatan mesin sangat dibutuhkan untuk memperpanjang umur pemakaian motor induksi. Tindakan preventif harus didahulukan untuk mencegah kerusakan yang lebih besar pada mesin. Salah satu tindakan preventif yang dapat dilakukan adalah monitoring vibrasi pada mesin.

Kerusakan pada motor induksi yang tidak terdeteksi pada tahap awal dapat menyebabkan kerusakan lebih parah. Kerusakan motor di industri dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar karena proses produksi berhenti, bahan baku produksi yang seharusnya diolah akan terbuang dan pekerja akan dirumahkan karena mesin berhenti beroperasi.

Vibrasi pada motor induksi dapat disebabkan oleh *misalignment* maupun ketidaknormalan pada *bearing* (bantalan), dan lain-lain. Vibrasi yang berlebihan menyebabkan

:mengendornya sambungan-sambungan pada mesin, menimbulkan suara bising, meningkatnya beban pada komponen-komponen mesin dan mempercepat ausnya bagian-bagian mesin. Diharapkan dengan melakukan monitoring vibrasi

Diperlukan penelitian lanjutan agar alat yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendeteksi vibrasi akibat kerusakan komponen lain pada mesin selain *misalignment*. Monitoring vibrasi diharapkan dapat digunakan sebagai peringatan dini adanya ketidaknormalan pada mesin sehingga dapat mencegah kerusakan mesin khususnya motor induksi.

METODE PENELITIAN

Metode pengukuran pada penelitian ini adalah dengan menempatkan sensor MEMS dan piezoelektrik berdampingan pada rumah *bearing*. MEMS dan piezoelektrik masing-masing digunakan untuk mendeteksi vibrasi motor induksi. Penempatan sensor pada rumah *bearing* karena setelah dilakukan pengukuran di beberapa lokasi pada motor induksi, ternyata vibrasi paling besar dihasilkan jika sensor ditempatkan pada rumah *bearing* pada sambungan antara dua koping. Keluaran sensor dilewatkan melalui NI-DAQ 6009 untuk selanjutnya diolah menggunakan software LabVIEW. LabVIEW akan mengubah sinyal sumber menjadi domain frekuensi menggunakan metode FFT. Sinyal sumber juga diubah menjadi domain frekuensi-waktu menggunakan STFT dan WT. Pengukuran dilakukan saat *alignment* dan *misalignment*. Analisa data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran saat *alignment* dan *misalignment* dengan metode FFT, STFT dan WT. Analisa data dilakukan untuk masing-masing sensor.

Selain pengukuran vibrasi, dilakukan juga pengukuran putaran, tegangan, arus dan daya motor induksi. Parameter-parameter yang diukur pada kondisi *alignment* akan dibandingkan dengan parameter-parameter yang diukur pada kondisi *misalignment*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat *alignment* :

$$P = 0,733 \text{ kW}$$

$$V = 386 \text{ Volt}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

Motor induksi dijalankan selama 30 menit (30 menit = 0,5 hour (h)).

$$\text{Konsumsi energi} = P \cdot t = 0,733 \text{ kW} \times 0,5 \text{ h} = 0,367 \text{ kWh.}$$

Saat *misalignment* :

$$P = 0,747 \text{ kW}$$

$$V = 388 \text{ Volt}$$

$$I = 2,51 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

Motor induksi dijalankan selama 30 menit saat *misalignment*.

$$\text{Konsumsi energi} = P \cdot t = 0,747 \text{ kW} \times 0,5 \text{ h} = 0,374 \text{ kWh.}$$

Konsumsi energi saat *misalignment* lebih besar dibanding konsumsi energi saat *alignment*.

Putaran motor induksi saat *alignment* dan *misalignment* sama sebesar 1500 rpm.

Deteksi Vibrasi dengan Sensor MEMS saat *Alignment* dan *Misalignment*.

Sensor MEMS menghasilkan tiga sinyal vibrasi yaitu x (warna hitam), y (warna merah) dan z (warna hijau). Pada kurva diatas, sumbu horizontal menunjukkan perubahan waktu dalam satuan ms (milisecond) dan sumbu vertikal

menunjukkan nilai tegangan dalam satuan volt. Dari gambar 1 dan 2. terlihat sinyal dengan amplitudo terbesar terdeteksi oleh x. Sinyal dengan amplitudo terkecil dideteksi oleh z.

FFT

Gambar 3. dan 4. merupakan hasil konversi dari sinyal sumber ke bentuk spektrum dalam domain frekuensi. Sumbu horizontal menunjukkan frekuensi dalam satuan Hz, dan sumbu vertikal menunjukkan amplitudo tegangan dalam satuan volt.

Gambar 3. FFT saat *alignment* terlihat pada x terdeteksi frekuensi sampai 422 Hz (tabel 1.). Terlihat frekuensi 50 Hz dengan amplitudo cukup besar (0,04 V). Pada y dan z terdeteksi frekuensi dengan amplitudo yang sangat kecil.

Gambar 4. FFT saat *misalignment* terlihat Pada x terdeteksi frekuensi 11 Hz, 50 Hz dan 125 Hz. Pada y terdeteksi frekuensi 75 Hz dan 100 Hz. Pada z terdeteksi frekuensi 550 Hz.

STFT

Gambar 5. menunjukkan hasil konversi dari sinyal sumber ke domain frekuensi-waktu menggunakan metode STFT. Sumbu horizontal menunjukkan waktu dalam satuan ms dan sumbu vertikal menunjukkan frekuensi dalam satuan Hz.

Metode STFT dengan sensor MEMS terlihat :

- Frekuensi fundamental 50 Hz dengan energi tinggi (kuning), cukup tinggi (hijau) dan sedang (biru muda) pada sekitar 0,92 ms dan energi dalam tingkatan sedang (biru tua) hampir merata pada hampir sepanjang waktu 0 ms sampai 1,002 ms, kecuali pada saat sekitar 0,03 ms, 0,05 - 0,07 ms, 0,2 ms, 0,3 - 0,34 ms, 0,44 ms, 0,48 ms, 0,66 ms, 0,68 ms, 0,76 ms, 0,8 ms dan 0,99 ms mempunyai energi

cukup rendah yang ditandai dengan warna biru.

- Frekuensi 420 Hz saat 0,12 ms, 0,32 ms, 0,44 ms, 0,91 ms dan 0,94 ms dengan energi cukup tinggi.
- Frekuensi-frekuensi lain dengan tingkat energi sedang sampai rendah.

Metode STFT dengan sensor MEMS saat *misalignment* terlihat :

- Frekuensi fundamental dengan energi yang cukup tinggi hampir merata pada sepanjang waktu 0 ms sampai 1,002 ms.
- Frekuensi-frekuensi lain dengan tingkat energi agak rendah (biru tua), rendah (ungu tua) sampai sangat rendah (ungu muda).
- Frekuensi 250 Hz sampai 1600 Hz dengan frekuensi sangat rendah pada saat 0,02 ms sampai 0,08 ms dan 0,33 sampai 0,47 ms.

WT

Metode WT dengan sensor MEMS terlihat :

- Frekuensi fundamental pada setiap saat dengan energi cukup tinggi sampai sangat tinggi. Terdapat energi yang sangat tinggi (merah) pada saat 0,27; 0,52; 0,59; 0,83; dan 0,92 ms.
- Frekuensi 300 Hz dan 400 Hz dengan energi agak rendah (biru tua).
- Frekuensi-frekuensi lain dengan energi yang rendah sampai sangat rendah.

Metode WT dengan sensor MEMS saat *misalignment* terlihat :

- Frekuensi fundamental dengan energi yang cukup tinggi sampai sangat tinggi hampir merata pada sepanjang waktu 0 ms sampai 1,002 ms.

- Frekuensi-frekuensi lain dengan tingkat energi agak rendah sampai rendah.
- Frekuensi 250 Hz sampai 1600 Hz dengan frekuensi sangat rendah pada saat 0,02 ms sampai 0,08 ms dan 0,33 sampai 0,47 ms.
- Terdapat energi yang sangat tinggi (merah) pada frekuensi 50 Hz saat 0,795 ms.

Deteksi Vibrasi dengan Sensor Piezoelektrik saat *Alignment* dan *Misalign-ment*

Sinyal dari sensor piezoelektrik hanya terdiri dari satu sinyal karena hanya menggunakan sensor 1 axis.

FFT

Pada kondisi *alignment*, sinyal yang terdeteksi sampai frekuensi 780 HZ dengan amplitudo 0,28. Amplitudo terbesar pada frekuensi 422 Hz.

Pada kondisi *misalignment*, sinyal yang terdeteksi sampai 1380 Hz dengan amplitudo sebesar 0,28 V. Amplitudo terbesar pada frekuensi 419 Hz.

Pada FFT, sumbu horizontal menunjukkan waktu dengan satuan ms dan sumbu vertikal menunjukkan frekuensi dengan satuan Hz.

Data pada tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran pada axis x. Banyaknya data pengukuran diperoleh berdasarkan batas threshold. Penentuan batas threshold tergantung pada data pengukuran yang ingin disimpan untuk dianalisa. Batas threshold diperlukan untuk membatasi data yang akan disimpan. Hasil pengukuran pada axis y dan z tidak ditampilkan pada tabel karena amplitudonya sangat kecil sehingga kurang dari batas threshold yang ditentukan.

STFT

Metode STFT dengan sensor piezoelektrik saat *alignment* terlihat :

- Energi pada frekuensi fundamental agak rendah sampai rendah.
- Frekuensi sekitar 420 Hz yang menyebar hampir merata pada saat 0 ms sampai 1,002 ms dengan energi yang cukup tinggi, kecuali pada saat-saat tertentu terlihat energinya lebih rendah. Pada saat 0,94 ms tingkat energinya sangat tinggi (merah).
- Frekuensi 600 Hz dan 800 Hz pada beberapa saat tertentu dengan energi cukup rendah.

Metode STFT dengan sensor piezoelektrik saat *misalignment* terlihat:

- Energi pada frekuensi fundamental agak rendah (biru) sampai sangat rendah (ungu muda).
- Frekuensi sekitar 400 Hz yang menyebar hampir merata pada saat 0 ms sampai 1,002 ms dengan energi yang rendah sampai sangat tinggi.

WT

WT dengan sensor piezoelektrik saat *alignment* terlihat :

- Energi pada frekuensi fundamental pada tingkatan sedang (biru muda) sampai sangat rendah (ungu muda).
- Frekuensi pada sekitar 150 Hz sampai 600 Hz dengan energi sedang (biru muda) sampai sangat tinggi.
- Pada frekuensi 700 Hz sampai 1600 Hz terdapat tingkat energi agak rendah (biru tua) dengan kerapatan kurang.

WT dengan sensor piezoelektrik saat *misalignment* terlihat :

- Energi pada frekuensi fundamental pada tingkatan tinggi (kuning) sampai sangat rendah (ungu muda).
- Frekuensi pada sekitar 150 Hz sampai 600 Hz dengan agak rendah (biru tua) sampai sangat tinggi.
- Pada frekuensi 700 Hz sampai 1600 Hz terdapat tingkat energi agak rendah (biru tua) dengan kerapatan

lebih tinggi dibanding saat *alignment*.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Dengan sensor MEMS :

- a) Dengan metode FFT, saat *misalignment* terlihat sinyal pada y (75 dan 100 Hz) dan pada z (550 Hz). Saat *alignment* sinyal tertinggi terdeteksi pada axis x pada frekuensi 422 Hz dengan amplitudo 0,013 V. Sinyal dari axis lain (y dan z) sangat kecil sehingga diabaikan.
- b) Dengan metode STFT, saat *misalignment* terlihat sinyal dengan tingkat energi sangat rendah (ungu muda) pada frekuensi 250 Hz sampai 1600 Hz pada saat 0,02 ms sampai 0,08 ms dan 0,33 sampai 0,47 ms. Hal ini tidak terjadi saat *alignment*.
- c) Dengan metode WT saat *misalignment* terlihat sinyal dengan tingkat energi sangat rendah (ungu muda) pada frekuensi 250 Hz sampai 1600 Hz pada saat 0,02 ms sampai 0,08 ms dan 0,33 sampai 0,47 ms. Hal ini tidak terjadi saat *alignment*.

Dengan sensor piezoelektrik :

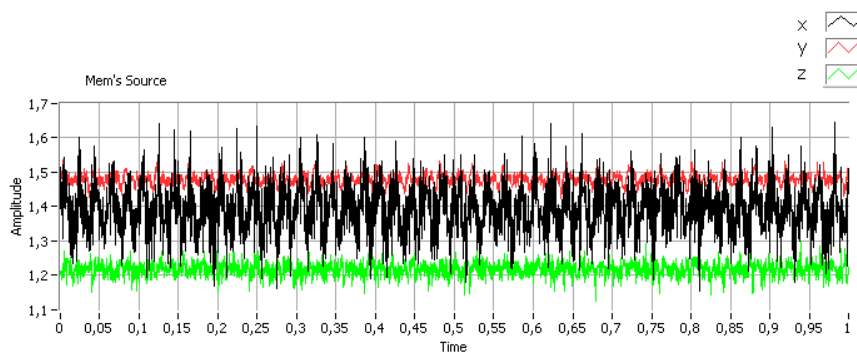
- a) Dengan metode FFT, sinyal terdeteksi saat *misalignment* lebih tinggi (sampai 1350 Hz) dibanding saat *alignment* (sampai 780 Hz).
- b) Dengan metode STFT, saat *misalignment* terlihat tingkat energi sedang dengan tingkatan warna biru pada frekuensi 0 sampai 1600 Hz hampir sepanjang waktu 0 sampai 1,002 ms, sedang pada saat *alignment*, tingkat energi sedang pada frekuensi tinggi lebih sedikit.

- c) Dengan metode WT, saat *misalignment* terlihat sinyal dengan tingkat energi sedang (biru) pada frekuensi tinggi lebih banyak dibanding saat *alignment*.

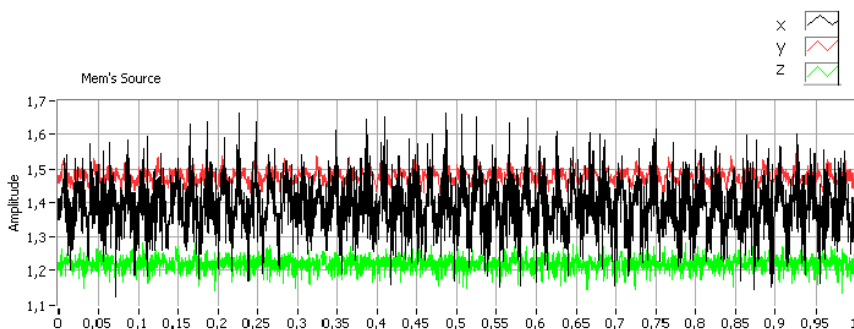
Konsumsi energi lebih tinggi saat *misalignment* dibanding jika motor induksi dalam kondisi *alignment*. Konsumsi energi saat *alignment* sebesar 0,367 kWh. Konsumsi energi saat *misalignment* sebesar 0,374 kWh.

DAFTAR PUSTAKA

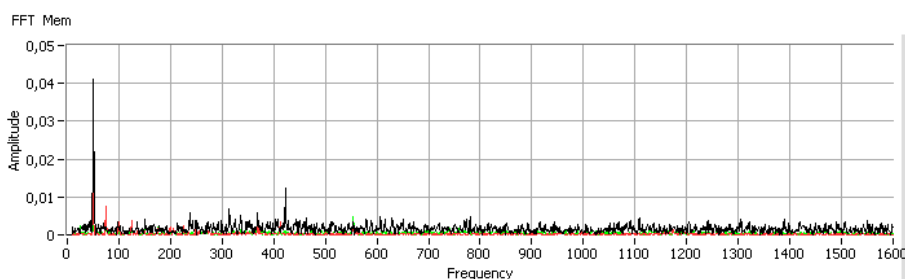
- [1] Addison, Paul S. 2002. *The Illustrated Wavelet Transform Handbook*. Institute of Physics Publishing.
- [2] Elsevier, 2001. *Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management*. Proceedengs of the 14th Intrnational Congress.
- [3] National Instrument, Agustus 2005. *Advanced Signal Processing Toolkit. Wavelet Analysis Tools User Manual*.
- [4] National Instruments, 2 Juni 2008. *Using LabView for Machine Diagnostics, Portable Test, and Condition Monitoring*.
- [5] <<http://zone.ni.com/wv/app/doc/p/id/wv-110>>
- [6] Vibra.Metrics. 2010. *Accelerometers (Vibration Sensors) and Vibration Monitoring Solutions*.
- [7] <http://www.vibrametrics.com/index.aspx?go=resources&focus=Users>
- [8] Hili, Molka Attia, 2005. *Shaft Misalignment Effect on Bearings Dynamical Behavior*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
- [9] <<http://www.springerlink.com/content/k=shaft+misalignment+effect>>



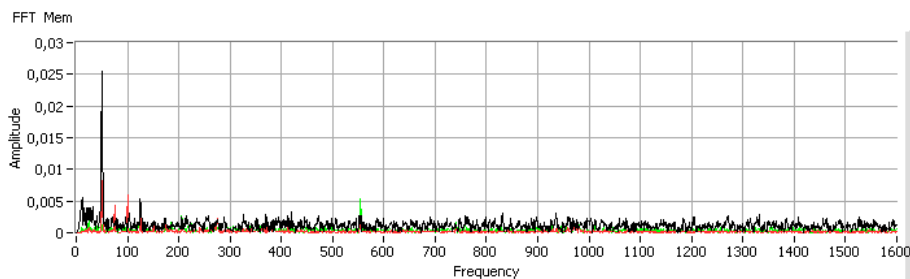
Gambar 1. Sinyal sumber dari sensor MEMS saat *alignment*



Gambar 2. Sinyal sumber dari sensor MEMS saat *misalignment*



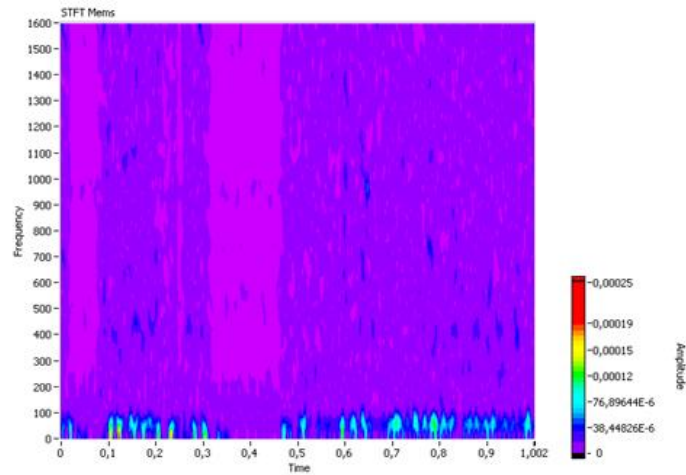
Gambar 3. FFT dengan sensor MEMS saat *alignment*



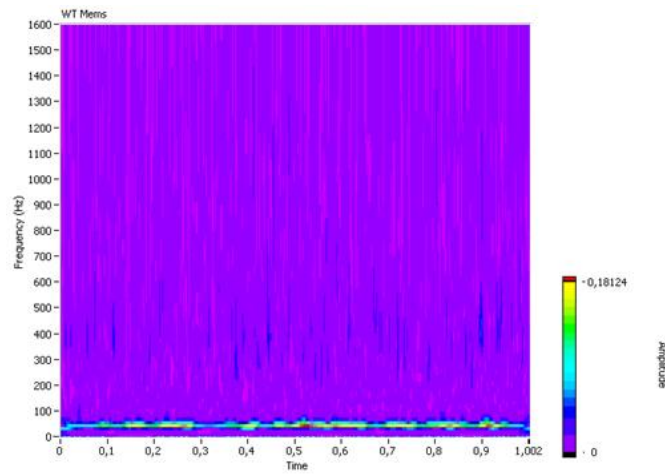
Gambar 4. FFT dengan sensor MEMS saat *misalignment*

Tabel 1. Data hasil FFT pada axis x dengan sensor MEMS.

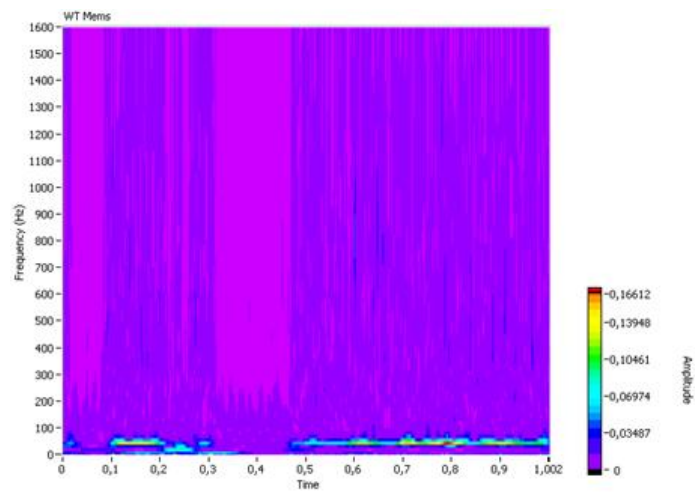
Alignment		Misalignment	
Frekuensi	Amplitudo	Frekuensi	Amplitudo
50	0,041	11	0,006
238	0,006	50	0,03
314	0,007	125	0,005
336	0,005		
368	0,006		
422	0,013		



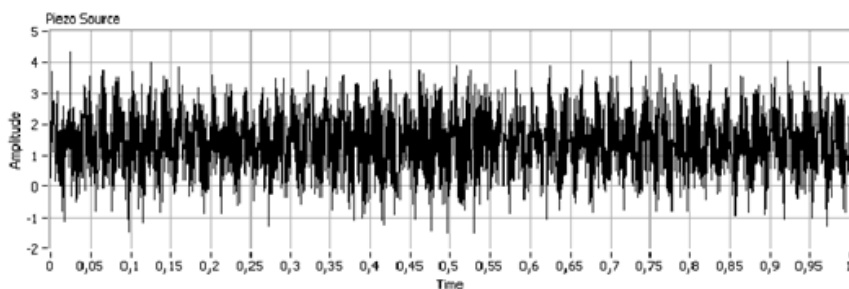
Gambar 6. STFT dengan sensor MEMS saat *misalignment*



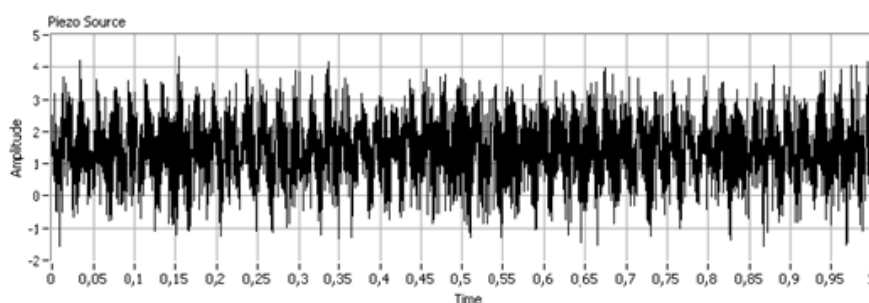
Gambar 7. WT dengan sensor MEMS saat *alignment*



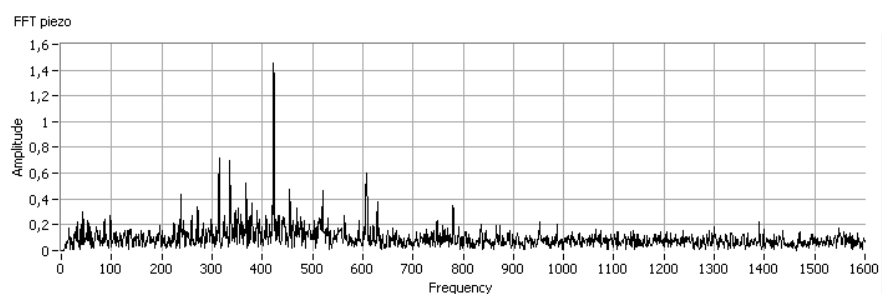
Gambar 8. WT dengan sensor MEMS saat *misalignment*



Gambar 9. Sinyal sumber dari sensor Piezoelektrik saat *alignment*



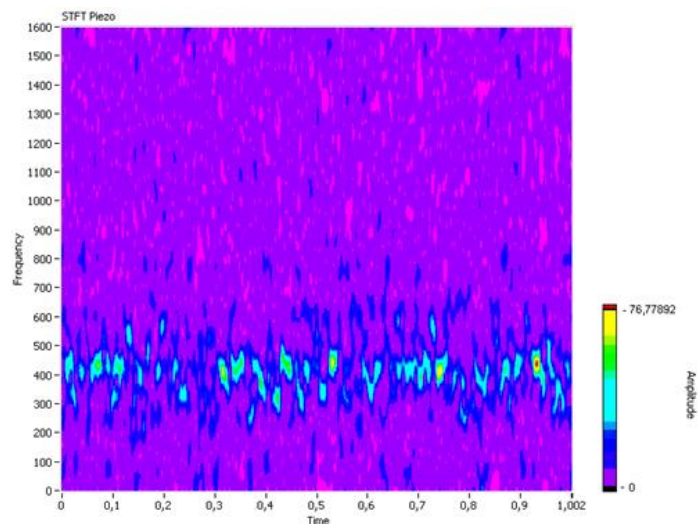
Gambar 10. Sinyal sumber dari sensor Piezoelektrik saat *misalignment*



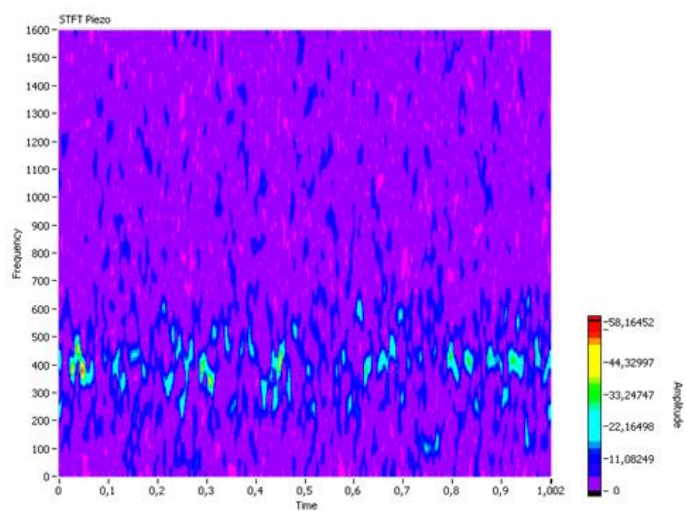
Gambar 11. FFT dengan Piezoelektrik saat *alignment*

Tabel 2. Data hasil FFT dengan sensor piezoelektrik.

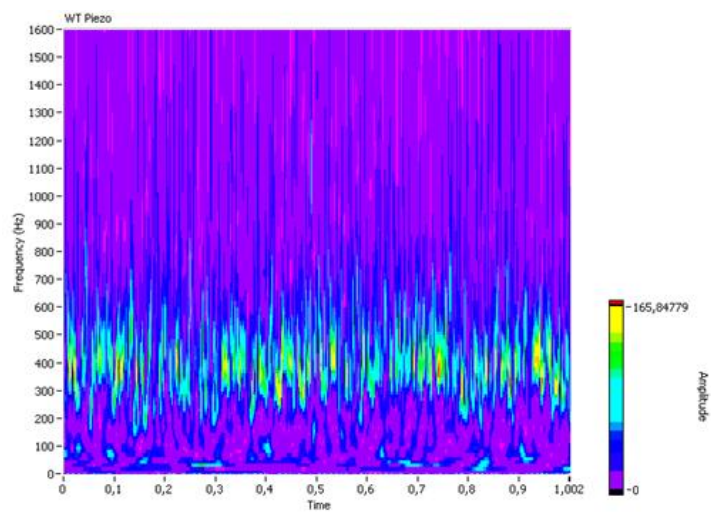
<i>Alignment</i>		<i>Misalignment</i>	
Frekuensi	Amplitudo	Frekuensi	Amplitudo
43	0,312	50	0,41
238	0,429	103	0,31
271	0,359	234	0,58
314	0,718	258	0,38
336	0,727	282	0,33
347	0,321	320	0,32
352	0,338	336	0,32
368	0,525	371	0,35
379	0,371	381	0,31
390	0,330	385	0,47
420	0,350	395	0,32
422	1,561	419	0,71
455	0,476	451	0,32
470	0,333	605	0,36
520	0,421	962	0,41
607	0,611	1158	0,31
629	0,381	1380	0,28
780	0,369		



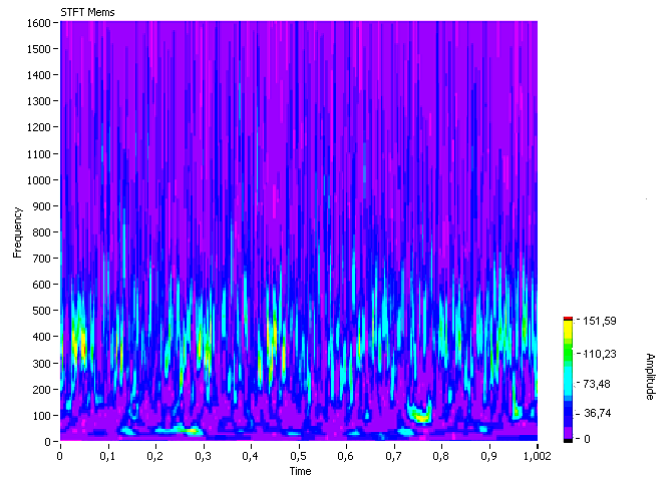
Gambar 13. STFT dengan piezoelektrik saat *alignment*



Gambar 14. STFT dengan sensor Piezoelektrik saat *misalignment*



Gambar 15. WT dengan sensor piezoelektrik saat *alignment*



Gambar 16. WT dengan sensor piezoelektrik saat *misalignment*