

DETEKSI KERUSAKAN RODA GIGI PADA TURBIN ANGIN MENGGUNAKAN METODE TIME SYNCRHONOUS AVERAGING (TSA)

Berli Paripurna Kamiel^a, Irfan Ikhsanudin^b, Novi Caroko^c

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

^aberlikamiel@gmail.com, ^birfanikhsanudin@gmail.com, ^cnovicaroko@gmail.com

ABSTRACT

The conversion of wind energy into electricity using wind turbine has been widely implemented. However, maintenance is needed so that the wind turbine can function optimally. One of the components which often break is gears. This research method is carried out on the gears of horizontal axis wind turbine. The vibration signal acquisition data is implemented on 25600 Hz sampling rate and the recording duration of each data is 5 seconds with 3 seconds pause for each data taking with the axis rotation speed of 1200 rpm. The vibration signal detection method uses frequency spectrum so that gears damage can be detected by counting the gearmesh frequency (GMF) value which appears on each harmonic. However, the amount of noise that appears makes it hard to see the amplitude value of each frequency clearly so that it is hard to detect the gears damage on the wind turbine. Therefore, TSA method is needed to reduce noise which appears from the components which are not being tested.

The result from the frequency analysis spectrum before TSA method is used shows that the gears damage cannot be clearly seen because the vibration signal is still full of noise that it makes the amplitude value invisible. TSA method is used to reduce the noise to filter the vibration signal so that it is known that the gearmesh frequency value seen on 1xGMF is 365,027 Hz, 2xGMF is 730,054 Hz.

Keywords: vibration, gears, noise, gearmesh frequency, time synchronous averaging Turbine

PENDAHULUAN

Angin merupakan salah satu bentuk energi yang tersedia di alam. Energi angin merupakan salah satu energi yang baik dan ramah lingkungan untuk di manfaatkan melalui konversi ke listrik. Energi angin dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Pemanfaatan energi angin di Indonesia memang masih tergolong rendah namun tetap memiliki potensi yang sangat besar. Untuk mengembangkan potensi energi angin tersebut, maka diperlukan pemetaan mengenai potensi energi angin yang terdapat di wilayah Indonesia dan pemanfaatannya sesuai dengan kebutuhan. Kedua aspek ini perlu dikaji dan dievaluasi untuk menghasilkan sistem konversi energi yang optimal.

Sebagai contoh, telah dilakukan penelitian untuk analisis potensi energi angin di salah satu wilayah Indonesia tepatnya di kota Gorontalo. Setelah selama tiga bulan dilakukan pengukuran,

diperoleh hasil analitik yang menunjukkan potensi energi angin di kota Gorontalo berkisar antara 512.27 – 2954.59 Watt, yang berarti wilayah tersebut memiliki potensi dengan kelompok sedang namun tetap dapat dimanfaatkan oleh kincir angin dalam proses konversi energi. [1] Dalam pemanfaatan potensi energi angin, tentu proses konversi energi pada kincir angin harus selalu bekerja. Agar dapat selalu bekerja menghasilkan energi listrik tentu dibutuhkan perawatan pada tiap elemennya. Salah satu elemen terpenting di dalam kincir angin yang membutuhkan perawatan ekstra yaitu pada bagian *gearbox*. Di dalam *gearbox* terdapat roda gigi yang fungsinya sangat penting untuk memindahkan putaran (daya putar) dari suatu poros dan meningkatkan kecepatan rotasi yang diperlukan generator untuk menghasilkan listrik.

Karena fungsinya yang sangat vital, roda gigi memerlukan strategi monitoring yang tepat

sehingga dapat mengidentifikasi kerusakan secara cepat dan tepat. Beberapa metode penelitian telah dilakukan guna mengetahui terjadinya kerusakan roda gigi pada *gearbox*. Metode yang sering diterapkan biasanya menggunakan sinyal getaran, baik yang berbasis domain frekuensi maupun domain waktu. Untuk mengetahui fenomena sinyal getaran pada roda gigi [2] melakukan penelitian dengan menerapkan sinyal getaran berbasis domain frekuensi. Berdasarkan analisis sinyal getaran yang dilakukan oleh peneliti menunjukkan diputar awal sudah terlihat peningkatan amplitudo yang menandakan indikasi munculnya kerusakan pada roda gigi. Namun pengujian ini harus memakan waktu hingga 10 kali pengambilan data karena besarnya pengaruh *noise* yang ditimbulkan.

Karakteristik getaran memiliki parameter dalam pengukuran getaran. [3] Apabila dua buah gelombang memiliki ukuran panjang gelombang yang sama, maka salah satu dari gelombang tersebut akan memiliki nilai puncak yang lebih tinggi atau bahkan lebih rendah dibanding gelombang yang lain. Maka suatu benda dapat diindikasikan memiliki besar getaran yang dihasilkan dengan menggunakan nilai amplitudo.

Metode lain yang diterapkan adalah sinyal getaran dengan domain waktu. Pengujian ini menguntungkan karena dapat melakukan deteksi dini kerusakan pada roda gigi dengan menggunakan sistem monitoring yang diterapkan. Namun pada pengujian ini tetap akan muncul sumber getaran dari luar (*noise*) yang tentu akan mempengaruhi data hasil pengolahan sinyal. [4] Melihat hasil pengujian dari metode sinyal getaran yang telah diterapkan untuk mendeteksi kerusakan pada roda gigi, dapat terlihat bahwa meski kerusakan dapat dideteksi, namun munculnya *noise* pada masing – masing pengujian akan mempengaruhi hasil pengolahan data sinyal getaran yang diterima. Berdasarkan permasalahan yang timbul pada pengujian sinyal getaran yang dikarenakan munculnya *noise* maka diperlukan suatu metode yang dapat mereduksi *noise* pada sinyal getaran.

Metode yang dikenal dapat mereduksi munculnya *noise* pada sinyal getaran adalah penelitian dengan sinyal getaran berbasis domain waktu menggunakan metode *Time Synchronous Averaging* (TSA). [5] Metode ini diterapkan karena TSA dapat menghasilkan karakteristik sinyal getaran dengan tingkat gangguan dari sumber getaran lain (*noise*) yang lebih rendah. Proses analisis dengan menerapkan metode TSA untuk

menunjukkan deteksi dini kerusakan pada roda gigi pada *helicopter gearbox* dan mengurangi kerugian akibat kerusakan. Selain menerapkan analisis sinyal getaran TSA, peneliti juga menerapkan analisis sinyal getaran *wavelet transform* pada tiap variasi kerusakan roda gigi yang ditentukan. Metode TSA dan *wavelet* selain menampilkan deteksi dengan detail pada kerusakan roda gigi, metode ini juga dapat menentukan lokasi rusak roda gigi secara relatif yang ditentukan berdasarkan sudut putarnya. Metode TSA juga akan menampilkan sinyal asli dengan cara mereduksi getaran selain dari alat uji.

Penerapan metode TSA juga dilakukan untuk memantau kondisi gearbox pada mesin industri yang beroperasi. Analisis yang dilakukan melihat pada perbandingan metode *wavelet* dan TSA, tujuannya untuk mengetahui metode yang lebih relevan digunakan untuk pemantauan kondisi motor pada *gearbox* yang beroperasi pada kecepatan transien. Metode TSA dapat menunjukkan kinerja yang lebih baik untuk menentukan diagnosis kerusakan. [6] Sementara diagnosis kerusakan roda gigi menggunakan metode TSA dan *wavelet* kembali diteliti. Penerapan metode ini untuk mengimplementasikan simulasi sinyal getaran dan *test rig* dari gearbox motor Yamaha. Analisis yang muncul yaitu dengan diterapkannya metode TSA akan mengurangi munculnya *noise* pada sinyal getaran dan metode *wavelet* digunakan untuk diagnosis letak dan jenis kerusakan roda gigi pada gearbox. [7]

Penelitian dengan mengusulkan autocorrelation-based time synchronous averaging (ATSA) untuk mengatasi masalah yang dihadapi TSA saat monitoring roda gigi pada *planetary gearbox*. ATSA disini dicoba untuk diterapkan karena memiliki kelebihan diantaranya, pengolahan TSA akan lebih hemat data dan pencegahan sinyal distorsi selama proses TSA. Dengan demikian sinyal ATSA diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosa kerusakan roda gigi pada *planetary gearbox*. Dua studi kasus disajikan, analisis sinyal dari simulasi dan sinyal yang diukur melalui testbed sebesar 2 kW. Hasilnya, pemrosesan sinyal dengan ATSA menunjukkan keefektifan dalam analisis dalam setiap kondisi roda gigi dan dapat ditingkatkan secara signifikan dibandingkan metode konvensional TSA. [8]

Metode TSA untuk mengukur pengurangan kebisingan (*noise*) dan menganalisa kerusakan roda gigi. Pengujian dilakukan dalam 32 indikator

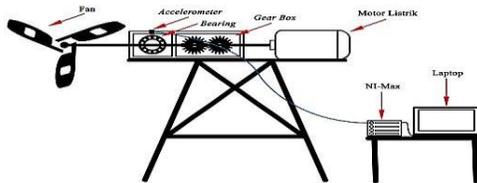
kondisi dan kondisi roda gigi, dengan 16 roda gigi tidak mengalami kerusakan dan 16 roda gigi rusak. Maka dalam pengujian ini didapatkan hasil yang merupakan analisis teknik dari TSA, diantaranya ditemukan adanya sensitifitas yang besar saat ditemukan adanya kerusakan pada roda gigi namun *noise* yang muncul akan berkurang pada analisis TSA. [9]

METODE PENELITIAN

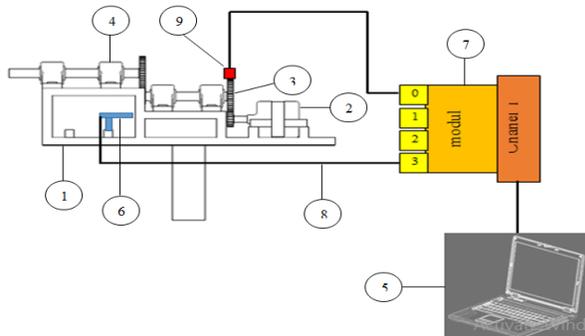
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan sinyal getaran untuk mendeteksi kerusakan roda gigi pada turbin angin. Roda gigi kondisi normal dan roda gigi kondisi rusak (cacat) akan diuji untuk dilihat respon getarannya menggunakan sensor getaran (*accelerometer*). Respon getaran dari sensor *accelerometer* akan direkam oleh akuisisi data yang terpasang pada chassis modul akuisisi data yang kemudian akan disimpan dan ditampilkan di laptop pada *software* matlab. Penelitian ini menerapkan metode *Time Synchronous Averaging* untuk mereduksi *noise* kerusakan roda gigi pada turbin angin.

1.1 Skema Alat Uji Kerusakan Roda Gigi (Gear)

Skema alat uji kerusakan roda gigi adalah gambaran dari alat tes rig roda gigi dan instalasi pengujian yang akan digunakan. Skema ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema alat uji kerusakan roda gigi
1.2 Alat dan Bahan



Gambar 2. Susunan perangkat pengujian untuk pengambilan data sinyal getaran

Perangkat yang digunakan dalam pengambilan data sinyal getaran adalah :

1. Turbin angin *horizontal axis*
2. Generator
3. Roda Gigi Lurus
4. Bantalan
5. Laptop
6. Tachometer
7. Modul DAQ
8. Kabel *Connector*
9. *Accelerometer*

1.3 Kerusakan Pada Roda Gigi

Tanda adanya kerusakan pada roda gigi dapat dibedakan pada tiap prosesnya [10]. Kerusakan pada roda gigi yang akan diuji dapat dilihat seperti pada gambar 3.

- Jenis : Roda Gigi Lurus
- Type : S-195
- Merk : Marlin Parts
- Kondisi : Normal dan cacat patah satu gigi
- Roda gigi kondisi rusak : Roda gigi dibuat cacat (rusak) dengan dibuat patah satu gigi dengan ketinggian 6,72 mm.



Gambar 3. Roda gigi lurus kondisi normal dan rusak patah satu gigi

2.3 Tempat dan Waktu

Pemasangan alat dan bahan penelitian pada turbin angin HAWT dilakukan di bengkel milik Dimas, dimulai pada tanggal 1 April – 21 April 2018. Pengujian deteksi kerusakan roda gigi pada turbin angin HAWT dilakukan di Laboratorium Radio Thermal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

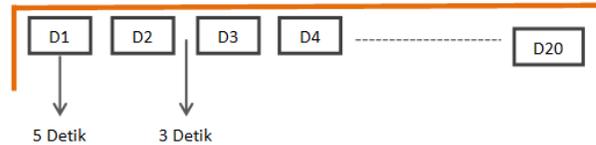
2.4 Prosedur Penelitian

Pengujian ini terdapat beberapa tahapan dan persiapan yang perlu dilakukan sebelum memulai pengujian, diantaranya pengecekan pada peralatan dan perlengkapan alat uji. Persiapan dan tahapan pengujian yang perlu dilakukan sebelum penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan persiapan pada turbin angin *horizontal axis* wind turbine.
- b. Melakukan persiapan perlengkapan seperti kunci ring pas dan tachometer.

- c. Melakukan persiapan sampel yang akan diuji, yaitu roda gigi lurus.
- d. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti peralatan DAQ, laptop sudah kondisi standby, software matlab sudah load dan script sudah benar, dan software NI cDAQ-9174 sudah load.
- e. Pemasangan roda gigi yang akan diuji pada poros turbin angin.
- f. Pemasangan bantalan yang akan diuji pada turbin angin.
- g. Pemasangan sudu pada turbin angin.
- h. Pemasangan tachometer.
- i. Pemasangan perlengkapan akuisisi data.
- j. Pemeriksaan dan pengecekan konstruksi pada alat uji agar tidak terdapat kesalahan sebelum proses pengambilan data.
- k. Pemeriksaan keamanan (K3) agar saat proses pengambilan data tidak terjadi kesalahan atau kecelakaan kerja.

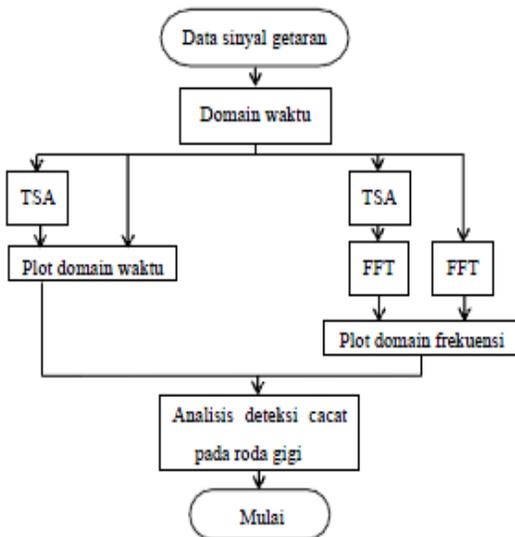
direkam menggunakan *accelerometer*, kemudian data yang direkam akan terlihat seperti pada skema struktur data yang dapat dilihat pada gambar 2. Data inilah yang akan digunakan untuk mengidentifikasi cacat pada roda gigi. 1 set data rekaman roda gigi pada kondisi normal dan kondisi cacat di bawah ini:



Gambar 5 Skema pada struktur data

2.5 Analisis data

Langkah – langkah yang dilakukan pada saat melakukan analisis data adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram alir tahap analisis data

2.6 Struktur Data

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh sebanyak 15 potong data setiap satu kali perekaman (1 set data). Setiap satu potong data direkam dengan durasi waktu 5 detik antara satu potong data dengan potongan data yang lain. Dalam penelitian ini terdapat dua kondisi roda gigi yang akan diuji yaitu roda gigi normal dan roda gigi kondisi cacat. Setiap kondisi roda gigi akan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

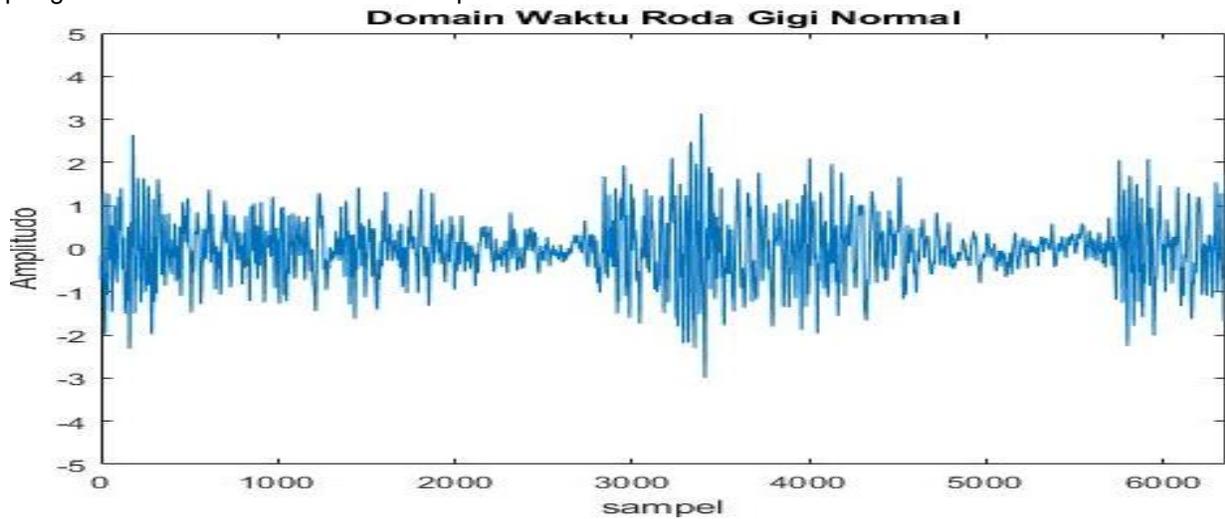
3.1 Data Hasil Pengujian

Proses pengambilan data yang telah sesuai dengan apa yang disusun pada diagram alir, maka diperoleh hasil pengujian kondisi 1 yaitu sinyal getaran pada kondisi roda gigi normal dan kondisi 2 yaitu roda gigi yang sudah dibuat rusak patah satu gigi. Sinyal getaran dari roda gigi normal dan rusak kemudian direkam menggunakan perangkat akuisisi data yang terdiri dari accelerometer, tachometer dan modul Ni-DAQ kemudian ditampilkan di laptop pada *software* matlab. Pemrosesan data hasil pengujian dilakukan dengan tujuan mendeteksi kerusakan roda gigi pada turbin angin melalui sinyal getaran domain waktu dan spektrum frekuensi yang kemudian di analisis dengan metode TSA untuk mereduksi *noise* yang muncul saat terjadi kerusakan roda gigi.

3.2 Sinyal Getaran Pada Roda Gigi Kondisi Normal

Sinyal getaran dari hasil pengukuran roda gigi turbin angin pada kondisi normal kemudian ditampilkan dalam *software* matlab. Sinyal getaran yang ditampilkan dalam bentuk plot grafik sinyal domain waktu dan plot grafik spektrum frekuensi yang dibandingkan dengan hasil plot domain waktu dan spektrum frekuensi setelah menggunakan metode TSA. Proses pengambilan data menggunakan sampling rate sebesar 25600 Hz dengan durasi pengambilan data 5 detik dan jeda tiap potong pengambilan data yaitu 3 detik. Plot Domain Waktu Roda Gigi Kondisi Normal hasil plot domain waktu pada roda gigi kondisi normal sebelum TSA. Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot domain waktu sebelum menggunakan metode TSA dengan

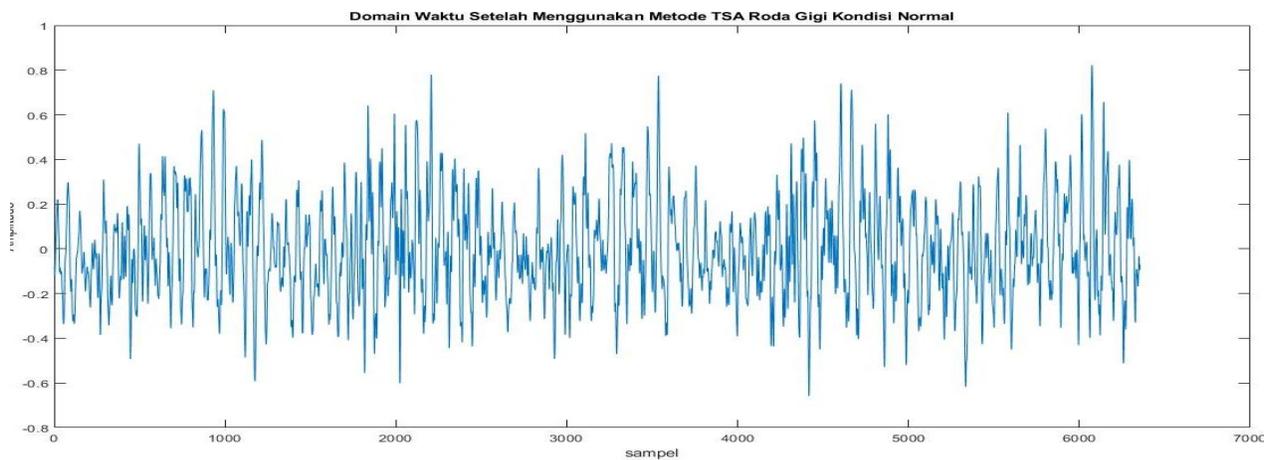
sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot domain waktu pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Plot domain waktu roda gigi kondisi normal sebelum TSA

Gambar 6 menunjukkan bahwa plot domain waktu pada roda gigi kondisi normal sulit diketahui karena gelombang masih tercampur *noise*. Hasil plot domain waktu pada roda gigi kondisi normal setelah TSA sinyal getaran yang ditampilkan

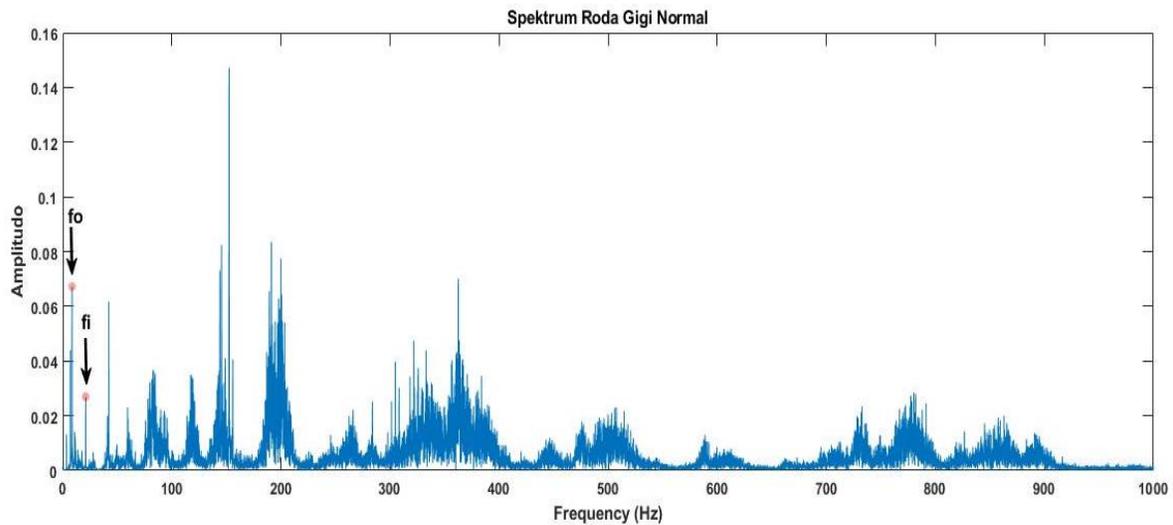
dalam hasil plot domain waktu setelah menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot domain waktu pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Plot domain waktu roda gigi kondisi normal setelah TSA

Plot domain waktu setelah dilakukan analisis TSA seperti pada gambar 7 terlihat bentuk gelombang asli karena noise telah tereduksi dengan merata-ratakan nilai positif dan negatif pada sebuah sinyal. Plot Spektrum Frekuensi roda gigi kondisi normal hasil plot spektrum frekuensi pada roda gigi kondisi normal sebelum menggunakan metode TSA. Sinyal getaran yang

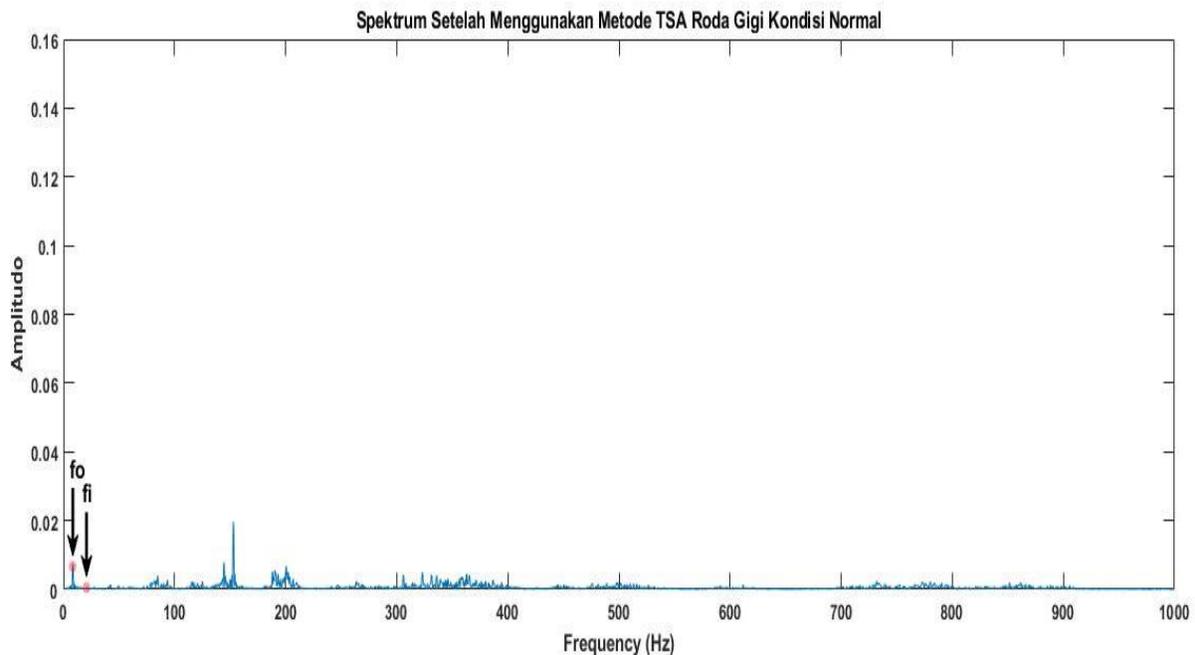
ditampilkan dalam hasil plot spektrum frekuensi sebelum menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot spektrum frekuensi pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros pada roda gigi kondisi normal sebelum TSA

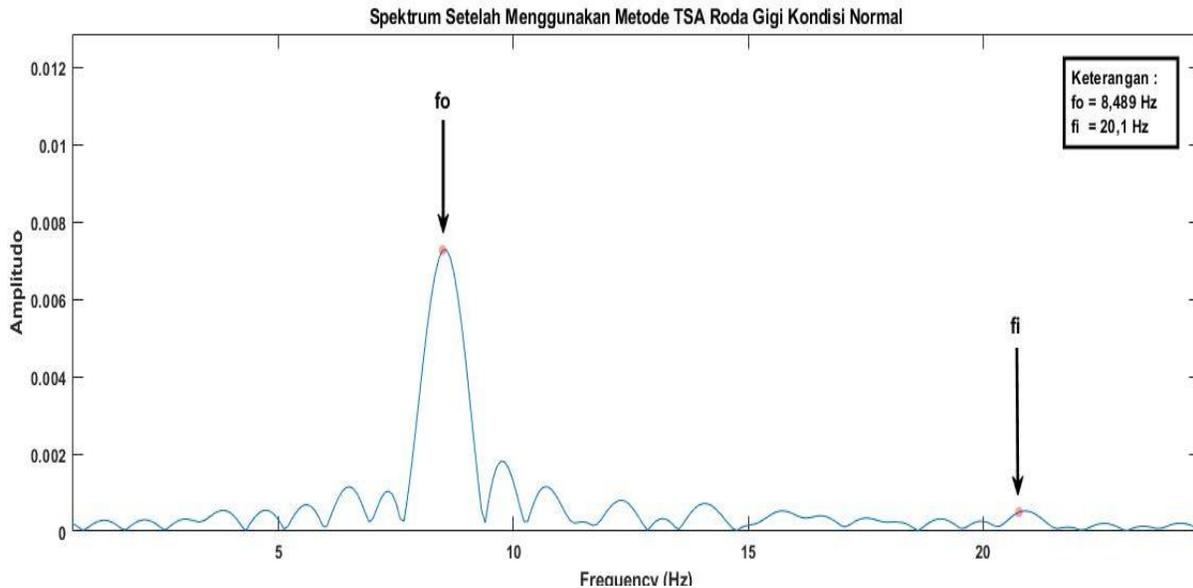
Plot spektrum frekuensi merupakan hasil dari algoritma transformasi FFT dari domain waktu. Grafik spektrum dapat mendeteksi kerusakan pada roda gigi normal namun tidak terlihat jelas karena masih tertutupi *noise*. Oleh karena itu diperlukan analisis TSA untuk mereduksi *noise*. Hasil plot spektrum frekuensi pada roda gigi kondisi normal setelah menggunakan metode TSA

Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot spektrum frekuensi setelah menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot domain waktu pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros pada roda gigi kondisi normal setelah TSA

Plot spektrum setelah TSA terlihat jelas untuk mengetahui adakah kerusakan pada roda gigi atau tidak. Dibawah ini seperti pada gambar 10 adalah tampilan dari plot spektrum frekuensi kondisi normal setelah ditampilkan secara *zoom in*.



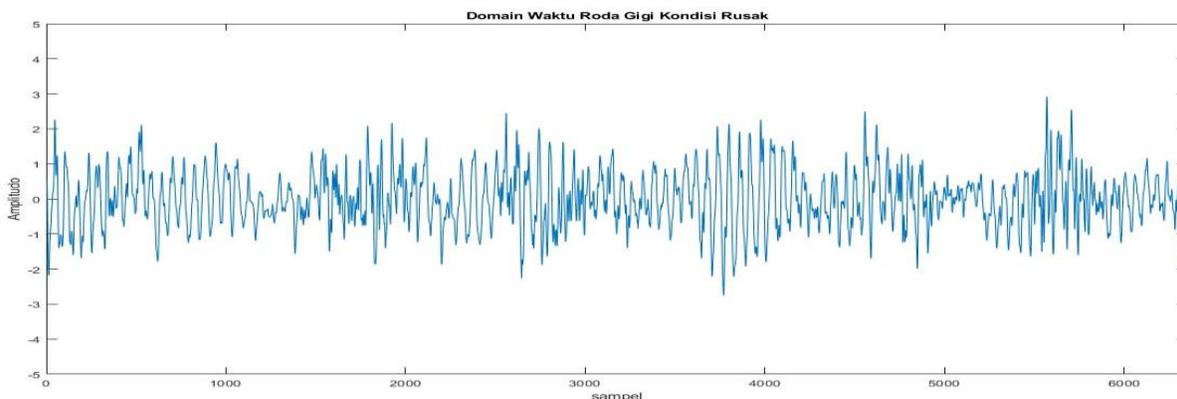
Gambar 10. Tampilan *zoom in* plot spektrum frekuensi setelah TSA

3.3 Sinyal Getaran Pada Roda Gigi Kondisi Rusak

Sinyal getaran dari hasil pengukuran roda gigi turbin angin pada kondisi rusak patah satu gigi kemudian ditampilkan dalam software matlab. Sinyal getaran yang ditampilkan dalam bentuk plot grafik sinyal domain waktu dan plot grafik spektrum frekuensi yang dibandingkan dengan hasil plot domain waktu dan spektrum frekuensi setelah menggunakan metode TSA. Proses pengambilan data menggunakan sampling rate sebesar 25600 Hz dengan dengan durasi pengambilan data 5 detik dan jeda tiap potong

pengambilan data yaitu 3 detik. Plot Domain Waktu Roda Gigi Kondisi Rusak Patah Satu Gigi. Hasil plot domain waktu pada roda gigi kondisi rusak patah satu gigi sebelum menggunakan metode TSA.

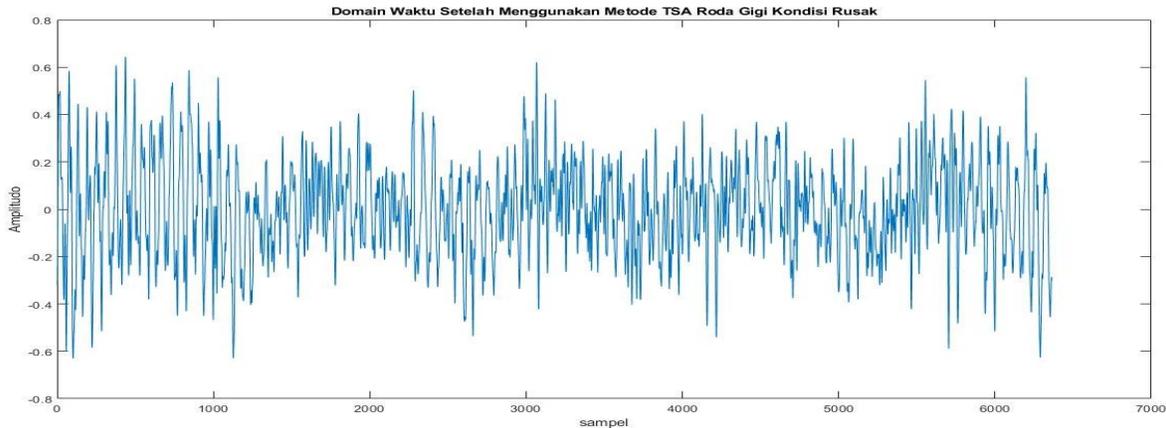
Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot domain waktu sebelum menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot domain waktu pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Plot domain waktu pada roda gigi kondisi rusak sebelum TSA

Hasil plot domain waktu pada roda gigi kondisi rusak patah satu gigi setelah menggunakan TSA. Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot domain waktu sebelum menggunakan metode TSA dengan

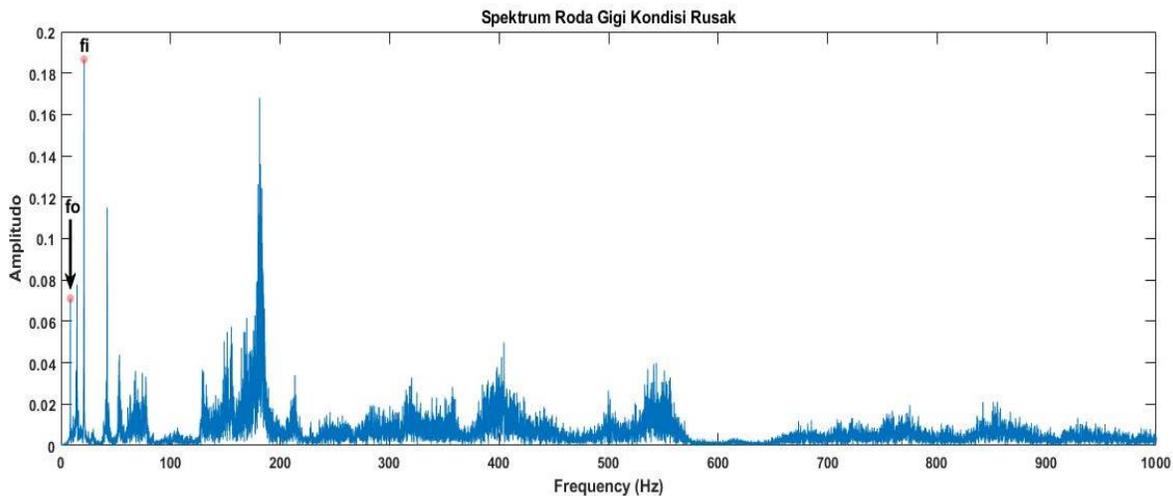
sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot domain waktu pada pengujian roda gigi normal dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Plot domain waktu pada roda gigi kondisi rusak setelah TSA

Plot domain waktu setelah dilakukan metode TSA seperti pada gambar 4.7 dapat terlihat bentuk gelombang dengan jelas karena noise yang muncul telah tereduksi. Plot Spektrum Frekuensi Roda Gigi Kondisi Rusak Patah Satu Gigi hasil plot spektrum frekuensi pada roda gigi kondisi rusak patah satu gigi sebelum menggunakan TSA.

Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot spektrum frekuensi sebelum menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600 Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot spektrum frekuensi pada pengujian roda gigi rusak dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros roda gigi kondisi rusak patah satu gigi sebelum TSA

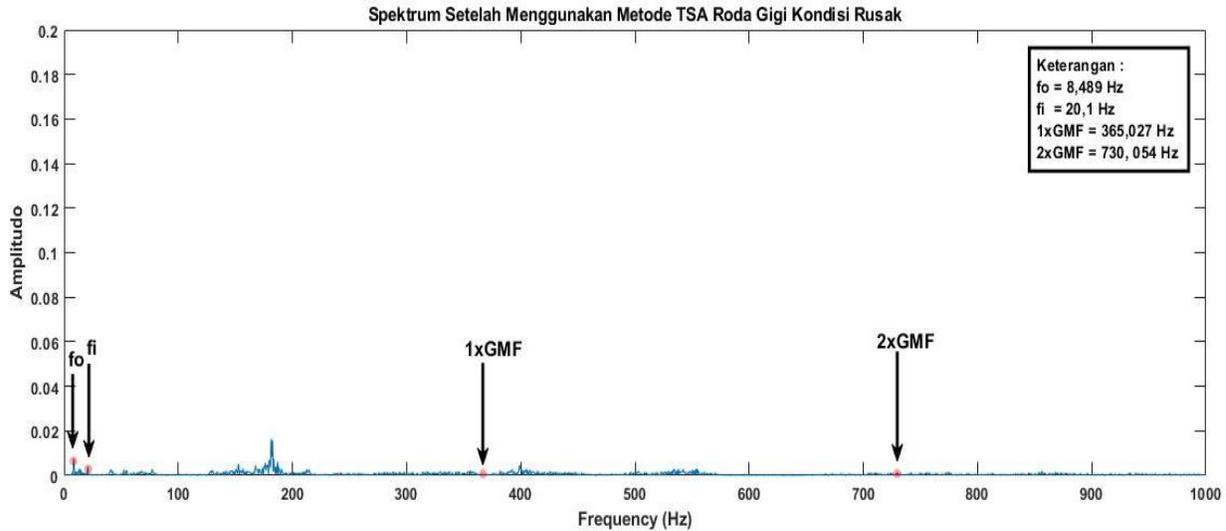
Grafik spektrum frekuensi ini dapat mendeteksi apakah muncul kerusakan pada roda gigi atau tidak namun dikarenakan masih banyaknya noise yang muncul sehingga menutupi

frekuensi kerusakan roda gigi. Maka diperlukan metode TSA untuk mereduksi noise yang muncul. Hasil plot spektrum frekuensi pada roda gigi

kondisi rusak patah satu gigi setelah menggunakan TSA

Sinyal getaran yang ditampilkan dalam hasil plot spektrum frekuensi setelah menggunakan metode TSA dengan sampling rate sebesar 25600

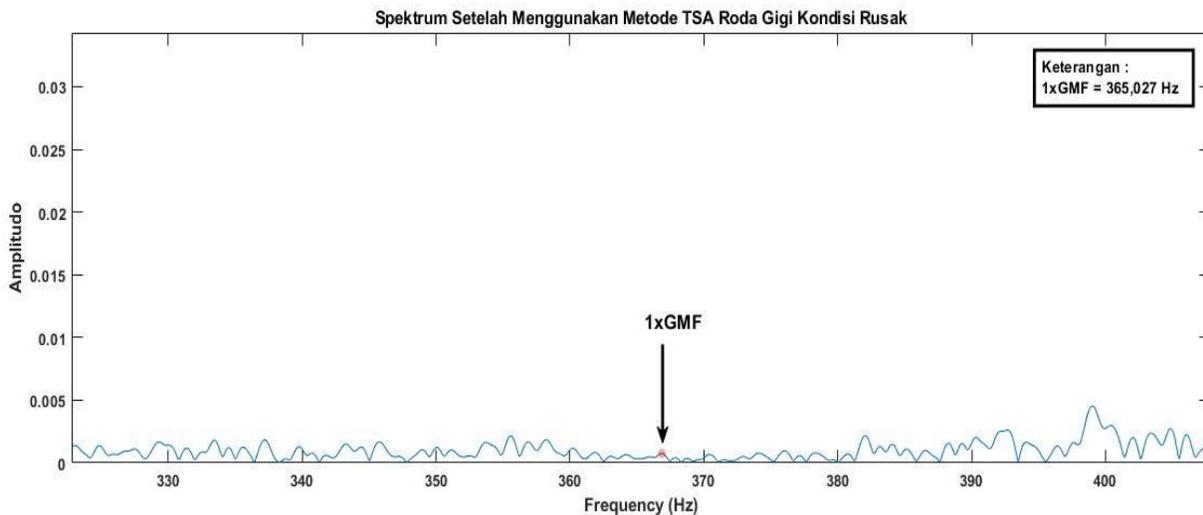
Hz dan durasi pengambilan data yaitu 5 detik dengan jeda tiap pengambilan data 3 detik. Grafik plot spektrum frekuensi pada pengujian roda gigi rusak dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros roda gigi kondisi rusak patah satu gigi setelah TSA

Perbandingan antara spektrum frekuensi sebelum dan sesudah dilakukan metode TSA dapat dilihat perbedaannya pada spektrum yang telah dilakukan metode TSA terlihat lebih jelas dan memiliki tingkat akurasi yang baik dibandingkan sebelum dilakukan. Metode TSA efektif karena

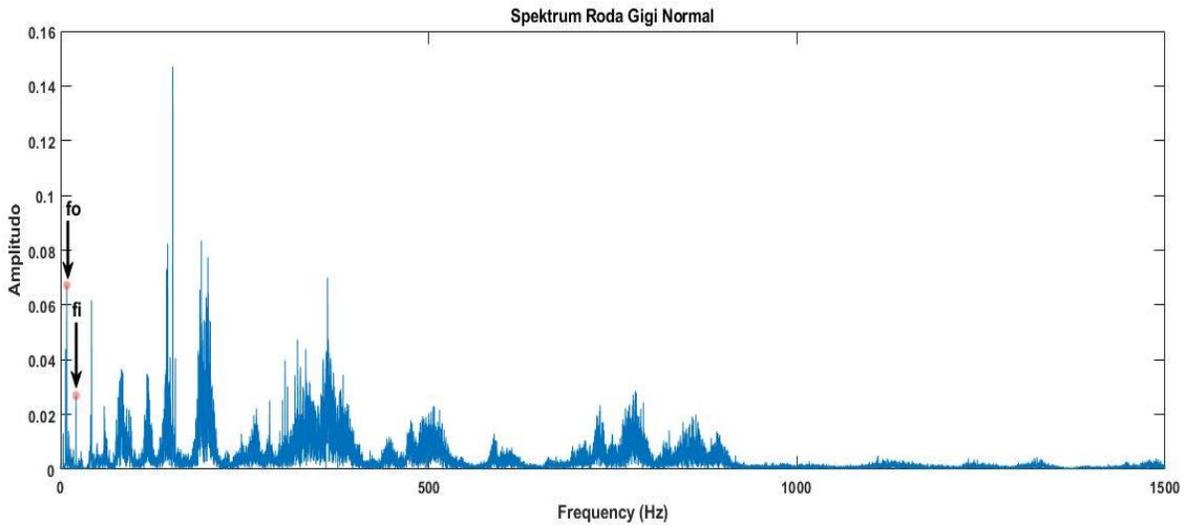
mampu mereduksi noise yang muncul sehingga tidak mengganggu proses analisis metode TSA pada penelitian ini. Dibawah ini seperti pada gambar 15 adalah tampilan dari plot spektrum frekuensi kondisi normal setelah ditampilkan secara *zoom in*.



Gambar 15. Tampilan zoom in plot spektrum frekuensi kondisi rusak setelah TSA

3.4 Analisis Data

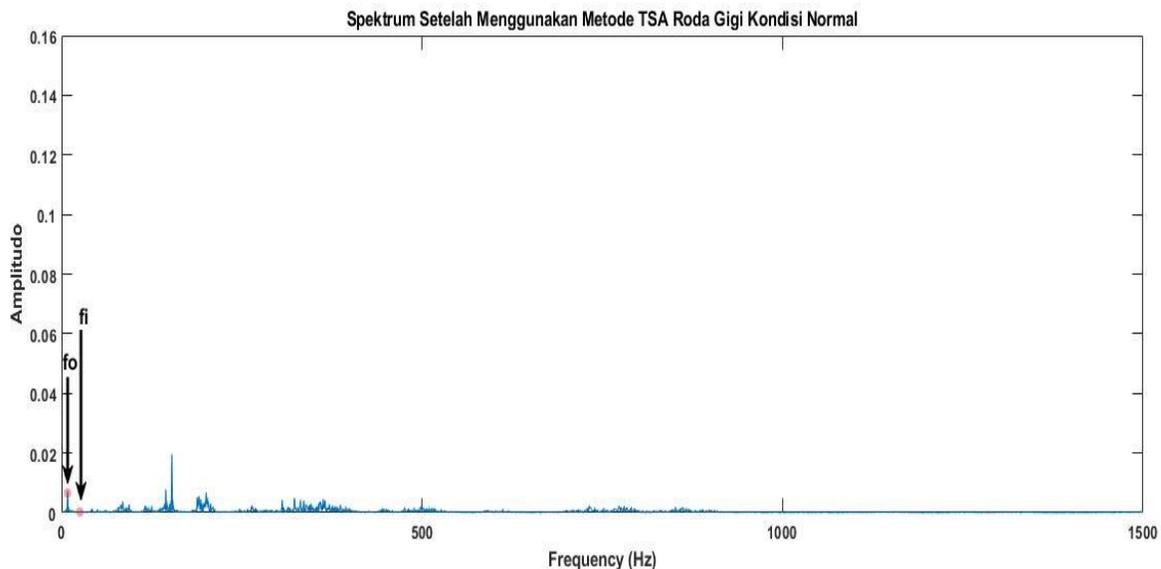
3.4.1 Analisis spektrum frekuensi roda gigi kondisi normal



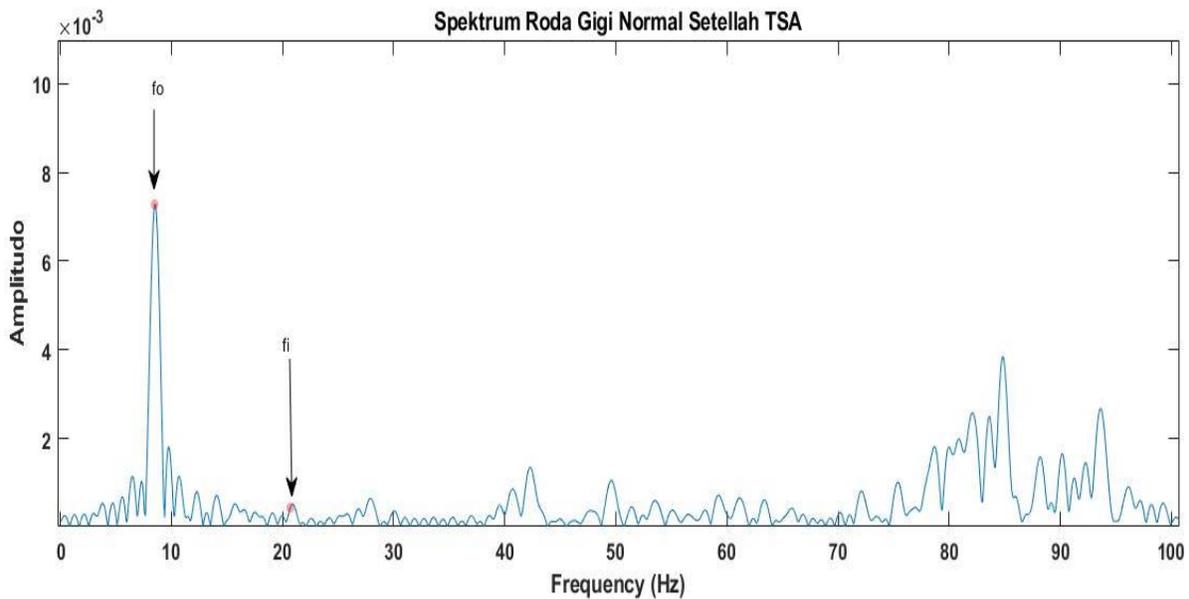
Gambar 16 Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran sebelum TSA pada roda gigi kondisi normal

Plot spektrum frekuensi sebelum dilakukan TSA menunjukkan frekuensi *output* putaran poros sebesar 8,489 Hz dan frekuensi *input* putaran poros sebesar 20.1 Hz dengan amplitudo yang muncul pada saat frekuensi putaran poros *output* sebesar 0,6719 dan pada frekuensi putaran poros *input* sebesar 0,02693. Kedua frekuensi terlihat namun masih tertutupi banyak *noise*. Untuk mereduksi *noise* yang muncul maka dilakukan

metode TSA seperti pada gambar 17. Dapat dilihat metode TSA dimana nilai frekuensi output putaran poros terlihat dan frekuensi putaran output seperti pada gambar 17 seperti ditunjukkan oleh tanda panah, sementara tampilan *zoom in* plot spektrum frekuensi kerusakan roda gigi pada kondisi normal dapat dilihat pada gambar 18. Untuk roda gigi kondisi normal tidak terdapat indikasi kerusakan roda gigi.



Gambar 17. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran setelah TSA roda gigi kondisi normal

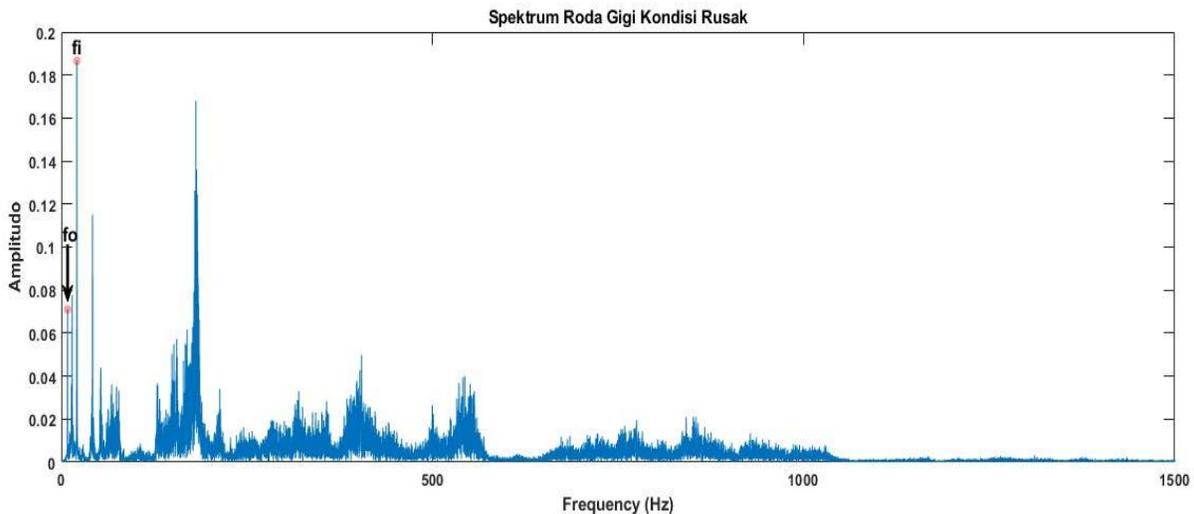


Ambar 18. Tampilan zoom in spektrum frekuensi setelah TSA

4. Analisis spektrum frekuensi roda gigi kodnis rusak patah satu gigi

Frekuensi kerusakan roda gigi pada turbin angin sering disebut dengan GMF. Plot spektrum frekuensi pada roda gigi kondisi rusak patah satu gigi yang dihasilkan sebelum dilakukan metode TSA masih terdapat banyak noise yang muncul sehingga dapat mengganggu proses analisis

seperti pada gambar 19. Gambar tersebut memiliki frekuensi output putaran poros, input putaran poros dan GMF. Frekuensi tersebut terlihat karena memiliki amplitudo yang tinggi. Apabila kerusakan yang ditimbulkan kecil maka amplitudo yang dihasilkan tidak tinggi bahkan tertutup noise sehingga proses analisis data kerusakan roda gigi tidak ikut terpantau dan dapat mengakibatkan kerusakan merambat.



Gambar 19 Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros sebelum TSA pada roda gigi kondisi rusak

Plot spektrum frekuensi pada roda gigi kondisi rusak patah satu gigi seperti pada gambar 16 memiliki amplitudo yang tinggi pada frekuensi

output putaran poros sebesar 8,489 Hz dengan amplitudo sebesar 0,07101. Frekuensi kerusakan roda gigi juga terlihat diantaranya 1xGMF dan 2xGMF, pada setiap frekuensi kerusakan yang

muncul tidak dapat terlihat dengan jelas karena tertutup oleh noise. Untuk mengurangi noise maka dilakukan metode TSA. Metode TSA dapat dilihat seperti pada gambar 20.

Dapat dilihat plot spektrum frekuensi setelah dilakukan metode TSA roda gigi kondisi rusak patah satu gigi seperti pada gambar 20. Yang

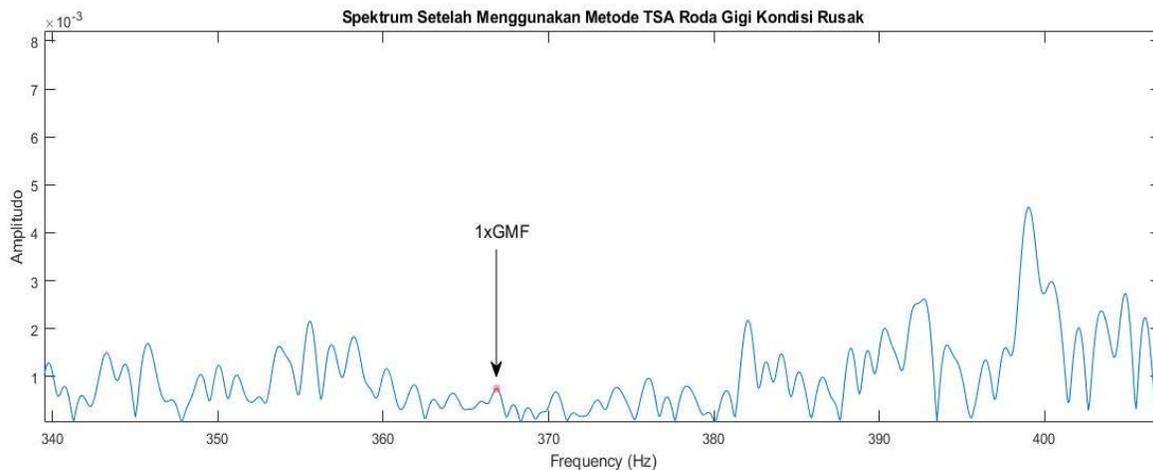
menunjukkan amplitudo yang cukup tinggi pada frekuensi output putaran poros. Secara teoritis frekuensi kerusakan roda gigi pada turbin angin pada 1xGMF diperoleh sebesar 365,027 Hz dengan nilai amplitudo 0,0003321. Perhitungan pada 2xGMF diperoleh sebesar 730,054 Hz dengan nilai amplitudo 0,0004735.



Gambar 20. Plot spektrum frekuensi 5 kali putaran poros setelah TSA pada roda gigi kondisi rusak

Perbandingan yang didapatkan antara spektrum frekuensi sebelum dan sesudah dilakukan metode TSA dapat terlihat perbedaannya yaitu pada spektrum yang telah dilakukan metode TSA akan terlihat lebih jelas dan memiliki tingkat akurasi yang baik dibandingkan hasil plot spektrum frekuensi sebelum dilakukan

TSA, sehingga amplitudo pada frekuensi kerusakan roda gigi terlihat jelas dengan menggunakan metode TSA. Untuk terlihat lebih jelas maka ditampilkan *zoom in* munculnya kerusakan pada 1xGMF seperti gambar 21.



Gambar 21. Tampilan *zoom in* munculnya kerusakan 1xGMF

Kesimpulan

Analisis spektrum frekuensi sebelum dilakukan metode TSA relatif memiliki banyak *noise*, sehingga perlu dilakukan metode TSA agar *noise* bisa tereduksi. Amplitudo dari frekuensi kerusakan roda gigi patah satu gigi terlihat lebih jelas setelah dilakukan metode TSA dikarenakan *noise* yang muncul sudah tereduksi, sehingga metode TSA dianggap mampu untuk mendeteksi kerusakan roda gigi pada turbin angin.

Hasil analisis spektrum dapat mendeteksi munculnya kerusakan roda gigi pada turbin angin yang di tandai dengan terlihatnya nilai frekuensi GMF yang memiliki amplitudo yang cukup tinggi. Spektrum frekuensi yang telah menggunakan metode TSA memiliki hasil yang lebih baik karena *noise* yang muncul sudah tereduksi sehingga sinyal yang dihasilkan lebih bersih dibandingkan sebelum menggunakan metode TSA. Hasil dari frekuensi kerusakan roda gigi turbin angin pada 1xGMF didapatkan sebesar 365,027 Hz dan pada 2xGMF yaitu sebesar 730,054 Hz. Amplitudo yang muncul sebesar 0,0003244 dan 0,0005734. Amplitudo menunjukkan adanya kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunginger R. Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Gorontalo. Penelitian Dasar Keilmuan. 2015 May 21;1(1491)
- [2] Pribadi G, Widodo A, Satrijo D. Deteksi Kerusakan Roda Gigi Dengan Analisis Sinyal Getaran Berbasis Domain Frekuensi. JURNAL TEKNIK MESIN. 2014 Jul 1;2(3):175-81.
- [3] Paresh, G., & Scheffer, C. (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance* (1 st). Retrieved from [https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring15/group10/Application Notes/Chris.pdf](https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring15/group10/Application%20Notes/Chris.pdf)
- [4] Rif'an RA, Widodo A, Satrijo D. Deteksi Kerusakan Roda Gigi Dengan Analisis Sinyal Getaran Berbasis Domain Waktu. Jurnal Teknik Mesin Undip.;2(3):182-9..
- [5] Widodo A, Satrijo D. Deteksi Kerusakan Roda Gigi Dengan Analisis Sinyal Getaran Berbasis Domain Waktu. JURNAL Teknik Mesin. 2014 Jul 1;2(3):182-9.
- [6] Bravo-Imaz I, Ardakani HD, Liu Z, García-Arribas A, Arnaiz A, Lee J. Motor current signature analysis for gearbox condition monitoring under transient speeds using wavelet analysis and dual-level time synchronous averaging. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2017 Sep 15;94:73-84.
- [7] Jafarizadeh MA, Hassannejad R, Etefagh MM, Chitsaz S. Asynchronous input gear damage diagnosis using time averaging and wavelet filtering. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2008 Jan 1;22(1):172-201. doi: 10.1016/j.ymssp.2007.06.006.
- [8] Ha, J. M, dkk (2016) 'Autocorrelation-based time synchronous averaging for condition monitoring of planetary gearboxes in wind turbines', *Mechanical Systems and Signal Processing*. Elsevier, 70–71, pp. 161–175. doi: 10.1016/j.ymssp.2015.09.040.
- [9] Bechhoefer, dkk (2009) 'A Review of Time Synchronous Average Algorithms', pp. 1–10.
- [10] Sirajuddin, A. S. (2010) 'Analisis eksperimental ciri kerusakan roda gigi lurus berbasis spektrum getaran'.

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA : Deteksi Kerusakan Roda Gigi Pada Turbin Angin Menggunakan Metode *Time Synchronous Averaging* (TSA)

Judul Naskah Publikasi : Deteksi Kerusakan Roda Gigi Pada Turbin Angin Menggunakan Metode *Time Synchronous Averaging* (TSA)

Nama Mahasiswa: Irfan Ikhsanudin

NIM : 20130130248

Pembimbing 1: Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng., Ph.D

Pembimbing 2: Novi Caroko, S.T., M.Eng

Hal yang dimintakan persetujuan *:

- | | | | |
|---|--|--------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

*beri tanda √ di kotak yang sesuai


Tanda Tangan
Irfan Ikhsanudin

26 September 2018
Tanggal

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui


Tanda Tangan
Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng Sc., Ph.D

26 September 2018
Tanggal


Tanda Tangan
Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng Sc., Ph.D

26 September 2018
Tanggal

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.