

MISALIGNMENT KOPLING DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN KONDISI STEADY STATE MENGGUNAKAN METODE REVERSE

*Deni Dwi Darmawan¹, Achmad Widodo², Ismoyo Haryanto²,

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

*E-mail: denideze07@yahoo.co.id

Abstrak

Diantara mesin – mesin yang ada, mesin rotasi merupakan salah satu yang banyak digunakan pada pabrik-pabrik industri karena kuat, handal, perawatannya mudah dan efisiensi. Bila terjadi kerusakan pada mesin sehingga mesin berhenti bekerja, yang biasa disebut shutdown, proses produksi akan terhenti. Karena permintaan terus meningkat, kerugian finansial yang tinggi akan terjadi karena penundaan tersebut. Sekitar 70% dari penyebab kerusakan mesin rotasi dikarenakan *misalignment*, yang dapat menyebabkan gaya yang berlebihan pada *bearing*, sehingga menyebabkan kerusakan *bearing* sebelum waktunya. Satu hal lain yang sangat berpengaruh pada getaran yaitu penggunaan kopling pada mesin rotasi. Dari masalah ini, penelitian tentang *misalignment* dilakukan dengan variasi kopling love joy, roda gigi, dan beam untuk menganalisis karakteristik sinyal spektrum getaran kerusakan mesin rotasi karena *misalignment*. Untuk mengatasi *misalignment*, proses *alignment* dilakukan dengan menggunakan dial indikator dan seperangkat alat tes lainnya. Data sinyal getaran diambil pada kondisi *misalignment* dan kondisi *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm. Kerusakan *misalignment* memiliki karakteristik yang terlihat pada sinyal getaran tinggi pada frekuensi 1x, 2x dan 3x amplitudonya tinggi. Pada kopling jaw amplitudo tertinggi pada frekuensi yaitu sebesar 0,5105 in/s, pada kopling roda gigi frekuensi tertinggi pada frekuensi amplitudo sebesar 0,03769 in/s, sedangkan pada kopling beam frekuensi tertinggi pada frekuensi amplitudo sebesar 0,04664 in/s. Pada penelitian ini masing – masing kopling memiliki karakteristik dalam pendeteksian dengan sinyal getaran dan diketahui bahwa penggunaan kopling yang paling sedikit menimbulkan getaran yaitu kopling beam.

Kata Kunci: *Alignment*, dial indikator, kopling, *misalignment*, sinyal getaran

Abstract

Among the existing machines, the rotating machines is one that is widely used in industrial plants because of its robust, reliable, easy maintenance and efficiency. If there is damage to the machine so the machine stops working, commonly called shutdown, the production process is interrupted. Due to increasing demand, a high financial loss will occur because of the delay. Approximately 70% of the causes of engine damage due to rotational misalignment, which can cause excessive force on the bearings, causing premature bearing damage. One other thing that is very influential in the vibration that the use of the clutch on the engine rotation. By these problems, research was done by varying coupling misalignment love joy, gears, and beam to analyze the signal characteristics rotational vibrational spectrum of engine damage due to misalignment. To solve the misalignment, alignment process is performed by using a dial indicator and a set of other test tools. Data taken on the vibration signal misalignment condition and the condition of alignment with the rotational speed 1800 rpm. Damage misalignment characteristics seen in high vibration signals at a frequency of 1x, 2x and 3x higher amplitude. In the clutch jaw highest amplitude at a frequency that is equal to 0.5105 in / s, the clutch gear highest frequency in the frequency amplitude of 0.03769 in / s, whereas the coupling beam highest frequency at frequency amplitude of 0.04664 in / s. In this study, each coupling has characteristics in detecting the vibration signal and it is known that the use of the clutch that contributes least to the vibration that is the coupling beam.

Keywords: *Alignment, clutch, dial indicators, misalignment, vibration signal*

1. Pendahuluan

Mesin rotasi secara umum terdiri dari penggerak atau *driver* dan yang digerakkan atau disebut juga *driven*. *Driven* bisa hanya satu atau lebih, misal : Motor listrik – *Gear box* – Pompa. Turbin gas – *gear box* – *compressor 1 – compressor 2*. Poros mesin-mesin tersebut harus disambung satu dengan yang lainnya memakai komponen penyambung yang namanya kopling.

Umur pakai mesin sangat diharapkan agar handal dan dapat dioperasikan selama mungkin tanpa kerusakan. Bahkan system “Management Pemeliharaan” yang canggihpun menjadi tidak berarti jika mesin-mesin tidak dilakukan proses *alignment* dengan benar. Kira-kira 70 % penyebab kerusakan mesin-mesin rotasi karena *misalignment*. Mesin-mesin

rotasi harus handal agar : 1. Unit Produksi handal, dapat beroperasi sesuai dengan target waktu operasi yang diinginkan, 2. Ongkos pemeliharaan rendah, karena tidak terjadi kerusakan premature yang mengakibatkan kehilangan produksi dan membayar ongkos perbaikan/spare part, 3. Target produksi bisa di capai. sesuai dengan perencanaan produksi yang disesuaikan dengan kebutuhan/ permintaan pasar.

Berdasarkan dari kondisi di atas maka perlu adanya suatu metode yang cukup handal dan cepat untuk melakukan proses *alignment* agar supaya proses produksi tidak mengalami proses delay ataupun shutdown. Guna melakukan hal tersebut maka salah satu jalan yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran *alignment* dibantu dengan menggunakan perangkat lunak.

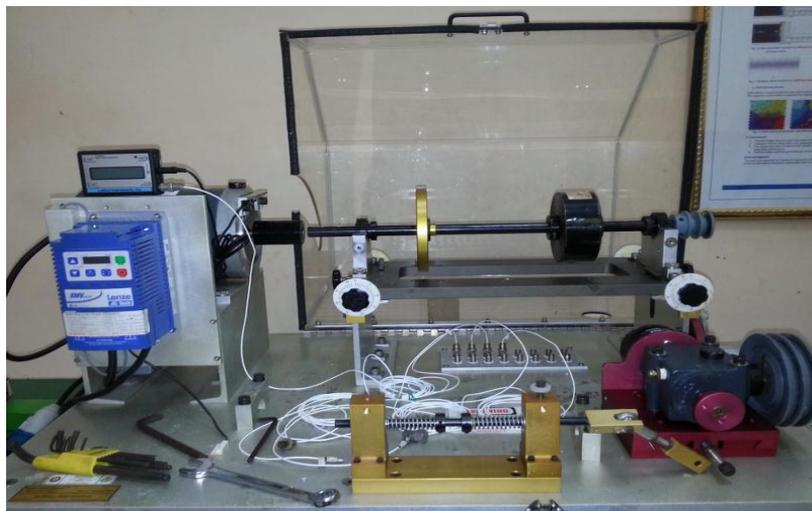
Perangkat lunak *alignment* tersebut digunakan sebagai perangkat pengganti perhitungan manual yang mana perhitungan manual tersebut memakan waktu dan pikiran. Oleh sebab itu penggunaan perangkat lunak sangat diperlukan untuk mengefisienkan waktu dan tenaga.

Untuk mengatasi terjadinya *misalignment* kita dapat melakukan optimalisasi dengan cara *Alignment* (kesejajaran poros) atau biasa disebut dengan *shaft alignment* adalah proses dilakukannya menyelaraskan atau mensejajarkan dua sumbu poros lurus untuk menghasilkan tingkat kesejajaran yang maksimal. Mensejajarkan poros dapat dilakukan dua sumbu atau lebih. proses mensejajarkan kedua sumbu poros lurus berlangsung dengan 2 tumpuan antara sumbu poros penggerak dan yang digerakan untuk menguji tingkat kebulatan dan kelurusan poros, untuk menghasilkan hasil maksimal diperlukan pengujian untuk memenuhi standarisasi yang diinginkan atau ditentukan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Menganalisa sinyal *misalignment* dari beberapa kopling terhadap getaran, 2. Mengetahui sinyal getaran yang ditimbulkan oleh *misalignment* pada mesin rotasi, 3. Mengetahui sinyal getaran *alignment* pada mesin rotasi, 4. Cara mengatasi masalah tersebut agar mendapatkan performa yang baik [1].

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Machine Faults Simulator (MFS)

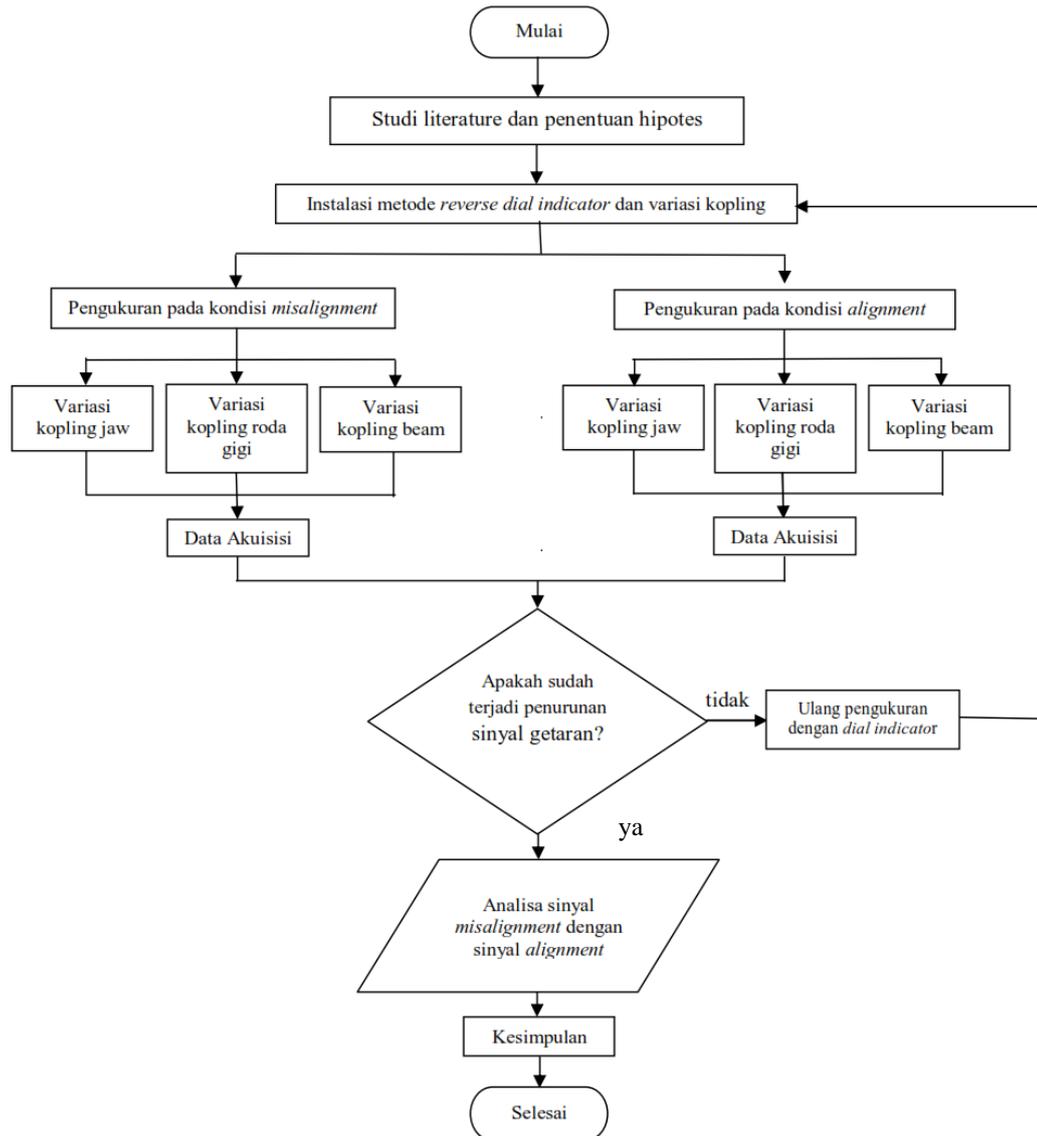
MFS merupakan alat yang digunakan untuk memperoleh pemahaman tentang perbedaan sinyal getaran dan arus, dimana terdapat beberapa komponen penunjang saat MFS dioperasikan dalam pengambilan data. MFS juga bisa digunakan untuk mensimulasikan atau mendiagnosa sebuah permasalahan suatu komponen mesin industri dalam skala eksperimen yang terkontrol agar dapat dikembangkan serta ditingkatkan dan semuanya dirancang untuk mudah diganti dalam berbagai eksperimen seperti Gambar 1.



Gambar 1. Machine faults simulator (MFS).

2.2 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian dirancang untuk bisa memformulasikan arus sinyal getaran antara sinyal getaran *misalignment* dengan sinyal getaran *alignment*. Untuk mencapai tujuan ini pendekatan eksperimen ditingkat laboratorium dilakukan untuk mensimulasikan kondisi di lapangan. Diagram alir metodologi penelitian disajikan pada Gambar 2. Pengukuran menggunakan metode *reverse dial* indikator dengan variasi kopling, diantaranya yaitu kopling jaw, kopling roda gigi, dan kopling beam.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

2.3 Metode Reverse Dial Indicator

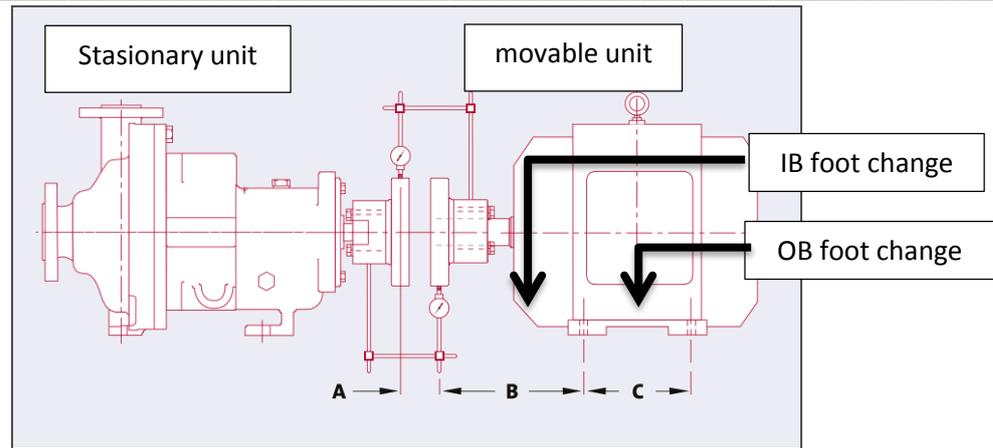
Dial indicator atau juga dikenal dengan *dial gauge* ialah alat ukur dengan skala pengukuran yang sangat kecil, contohnya pada pengukuran pergerakan suatu komponen (*backlash*, *endplay*) dan pengukuran kerataannya (*round out*). *Dial gauge* ini merupakan tools yang tidak dapat berdiri sendiri, artinya ia mesti dipasangkan pada suatu alat bantu diantaranya yaitu *bracket* seperti Gambar 3. Tingkat ketelitian *dial indicator* yaitu antara 0,01 mm sampai 0,001 mm. Dengan rumus sebagai berikut:

$$m(\text{slope per inch}) = \frac{(\text{stationary unit reading} + \text{movable unit reading})}{2A} \quad (1)$$

$$IB \text{ foot change} = [m \times (A + B)] + (\text{stationary unit reading}) \quad (2)$$

$$OB \text{ foot change} = [m \times (A + B + C)] + (\text{stationary unit reading}) \quad (3)$$

Jika *IB foot change* dan *OB foot change* bernilai positif (+) maka kaki bagian depan pompa ditambah *sims*. Jika bernilai negatif (-) maka kaki bagian depan pompa dikurangi jumlah shimnya. Jika *IB foot change* dan *OB foot change* bernilai positif (+) maka kaki bagian depan pompa digeser kekanan. Jika bernilai negatif (-) maka kaki bagian depan pompa digeser ke kiri [2].

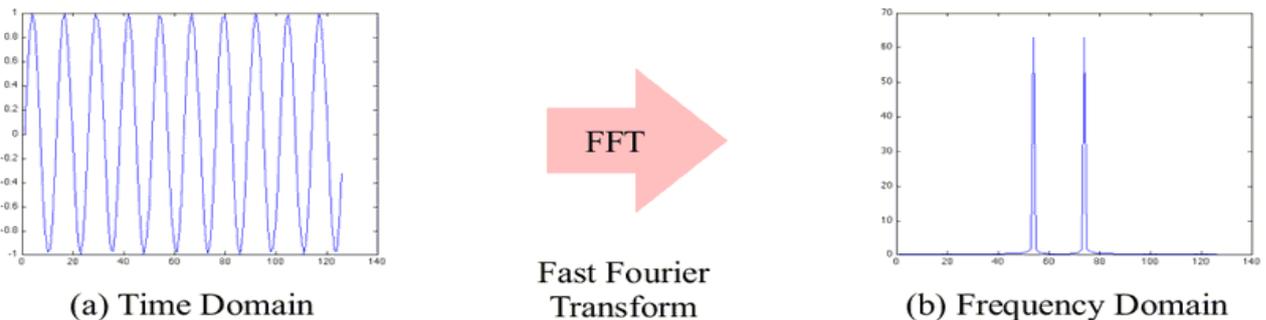


Gambar 3. Metode *reverse dial indicator*

2.4 Prinsip Data Akuisisi Digital dan Proses *Fast Fourier Transform (FFT)* untuk Analisis Spektral

2.4.1 Bilangan yang Disarankan Data Digital per Blok untuk Menghasilkan Gelombang Waktu dan FFT Spektrum yang Baik

Sinyal analog yang diterima oleh transduser (accelerometer) tidak dapat langsung diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Sinyal analog merupakan sinyal terus menerus berjalan. Pertama, sample bagian sinyal dapat dipilih. Bagian ini biasa disebut "*time record*". *Time record* adalah bilangan hingga berturut-turut yang sama dengan jarak sample sinyal analog. Nilai-nilai data ini merupakan hasil digitisasi (hasil konversi dari bilangan tegangan menjadi bilangan biner). Digitisasi *time record* merupakan transformasi semua blok kedalam blok secara lengkap terhadap *frequency lines*. Idealnya, 800 data point diperlukan untuk menghitung *400-line spectrum*, 1600 point untuk *800 line spectrum*. Bagaimanapun, ketika beberapa data frekuensi tinggi terbuang untuk mengganti *rolloff* maka dibutuhkan "anti-aliasing" filter. Sehingga 1024 data point secara aktual dibutuhkan untuk menghitung *400-line transform*; 2048 data point untuk *800-line transform* [3].



Gambar 4. *Time domain* ditransform FFT menjadi *frequency domain*

2.4.2 *Sampling Frequency*

Pada saat pengambilan data, *time record* awal (*block*) sudah terisi, *time record* kedua (*time record* selanjutnya) dapat ditransformasikan lebih dari satu data terpilih. *Sample* lama yang terbuang dan diganti oleh *sample* baru sampai *sample terakhir* dalam *time record*. Dalam praktisnya, data terdiri dari 50% data lama dan 50% data baru, proses ini dinamakan "*Overlap Processing*".

Nilai *sampling frequency* untuk mengumpulkan data FFT dan *spectrum analyzers* adalah 2.56 kali waktu F_{max} , *sampling frequency* digunakan untuk menentukan batas frekuensi pada instrument. Contoh, nilai *sampling* adalah 65 KHz, kemudian frekuensi maksimum yang dapat digunakan sebesar 25 KHz ($1,500,000 \text{ CPM}$) untuk instrument ($65,000/2.56 = 25,390 \text{ Hz}$).

$$FFT \text{ Lines} = \frac{\text{Sample Size}}{2.56} \quad (3)$$

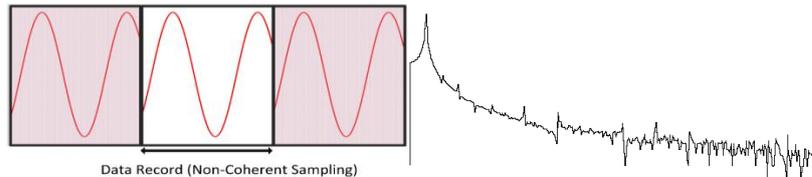
2.4.3 Waktu Pengukuran Untuk Variasi Jarak Frekuensi dan *FFT Lines*

Waktu pengukuran sangat penting untuk menghitung panjang waktu proses (dalam detik) yang dibutuhkan oleh mikroprosesor untuk menampilkan *time record*. Persamaan dibawah ini digunakan untuk menghitung waktu. Ini diperlukan untuk menganalisis seberapa lama yang dibutuhkan untuk mengoleksi *data collector* atau *RTA*.

$$T_{max} = \frac{(60)(\#FFT\ Lines)}{Freq.Span} = \frac{(60)(Sample\ Size)}{(2.56)(Freq.Span)} \quad (4)$$

2.4.4 Pemilihan FFT Window

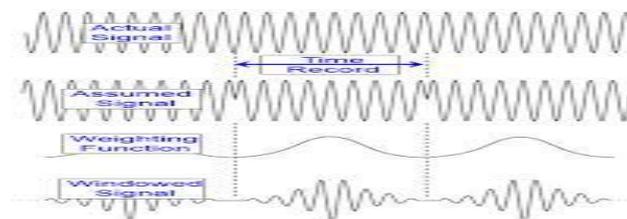
Secara matematika *Fourier Transform* mengikuti salah satu asumsi dari: (1) Data waktu adalah *periodic* (berkala) dalam *sample period* dan (2) terjadi kehilangan data waktu dalam *sample period* yang sama. Jika tidak menemukan salah satu asumsi diatas, maka *error* akan terjadi. *Error* yang terjadi dinamakan “*leakage*” atau kebocoran. *Leakage* terjadi jika *time waveform* tidak sesuai berkala (*periodic*) dalam *time record*, puncak-puncak *spectral* akan terbentuk dalam bilangan bin yang lain saat *waveform* ditransformasikan. Kemudian, energi *leak* akan keluar dari salah satu resolusi *line* sampai *line* lainnya. Ilustrasi ini dapat dilihat pada gambar 5. dimana terlihat masalah *leakage* terdapat di lokasi amplitudo yang kecil pada spektrum frekuensi. Hal ini terjadi saat getaran sinusoidal yang tidak berkala dalam *time record* yang menyebabkan leak pada frekuensi kecil pada spektrum [4].



Gambar 5. Kebocoran (*Leak*) terjadi pada gelombang sinusoidal

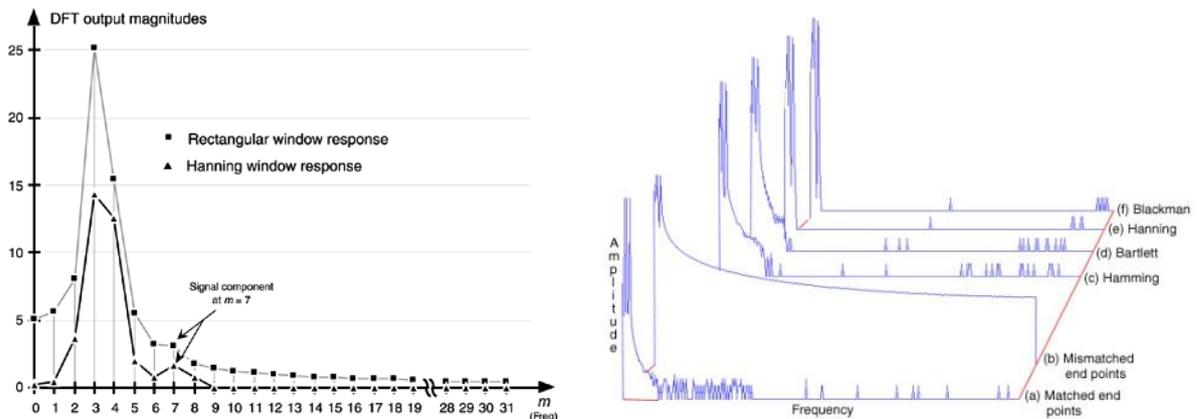
Untuk meminimalisir masalah ini perlu menggunakan fungsi “*window*”. *Window* akan menahan semua energi *spectral* dalam satu bin. Tentu saja hal ini tidak bekerja 100%, karena sebagian energi pasti bocor. Hasilnya, proses FFT dapat menghasilkan banyak amplitudo rendah.

Gambar 6. menunjukkan penggunaan *window* untuk *time domain*. Terlihat adanya titik yang hilang pada *time record* dalam pengambilan blok. Dan efek dari *window* pada *time domain* seperti mengulang data dari sinyal aktual. Bisa dikatakan saat penghitungan FFT digunakan 400 sampel dari total 1024 sampel untuk diambil menjadi transformasi FFT yang terbaik.



Gambar 6. Efek *window* pada *time domain*

Pada umumnya jenis *window* yang digunakan untuk analisis getaran adalah *hanning window*. Karena *hanning window* mempunyai keakurasian yang tinggi untuk menampilkan amplitudo dibandingkan jenis *window* yang lain. Pada Gambar 7(kiri) *hanning window* mereduksi resolusi frekuensi dan amplitudo dari sinyal yang ditampilkan oleh *rectangular window*. Bisa dilihat perbandingan *hanning window* dengan jenis *window* lainnya pada Gambar 7(kanan).



Gambar 7. Perbandingan *hanning window* dengan jenis *window* lainnya

2.4.5 Proses *Overlap* dan Penggunaannya

Proses lain dalam *FFT analyzer* adalah Proses *Overlap*. Tujuan proses ini untuk menyimpan waktu saat digunakan untuk analisis frekuensi rendah. Proses *overlap* dapat dispesifikasikan kedalam persentase. Jika sebuah *overlap* terdiri 50% dimana itu adalah setengah dari waktu baru yang terekam dan dikombinasikan dengan 50% waktu lama. Proses ini dapat berlangsung jika data diambil secara *steady* tetapi tidak bisa dipakai untuk pengukuran *transient*. Untuk pengukuran frekuensi rendah, seringkali menggunakan nilai *average* 2 atau 4. Persamaan dibawah ini dipakai untuk menghitung berapa lama yang dibutuhkan untuk *time record* jika tidak ada proses *overlap* didalamnya : [5]

$$t_{max} = \frac{(60)(\#Samples)(\#AVG.)}{(2.56)(Freq.Span)} = \frac{(60)(\#FFT Lines)(\#AVG.)}{(Freq.Span)} \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa getaran poros dengan variasi kopling jaw

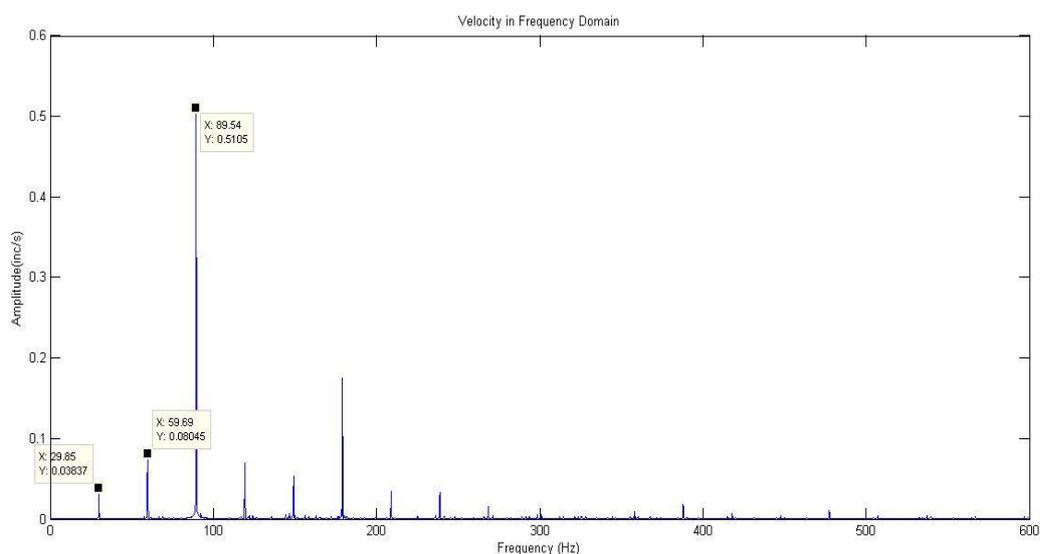
Gambar 8. menunjukan sebuah kopling yaitu kopling jaw yang digunakan dalam penelitian ini, rpm yang digunakan pada penelitian kopling jaw yaitu 1800 rpm. Arah yang di ambil yaitu pada arah radial horisontal.



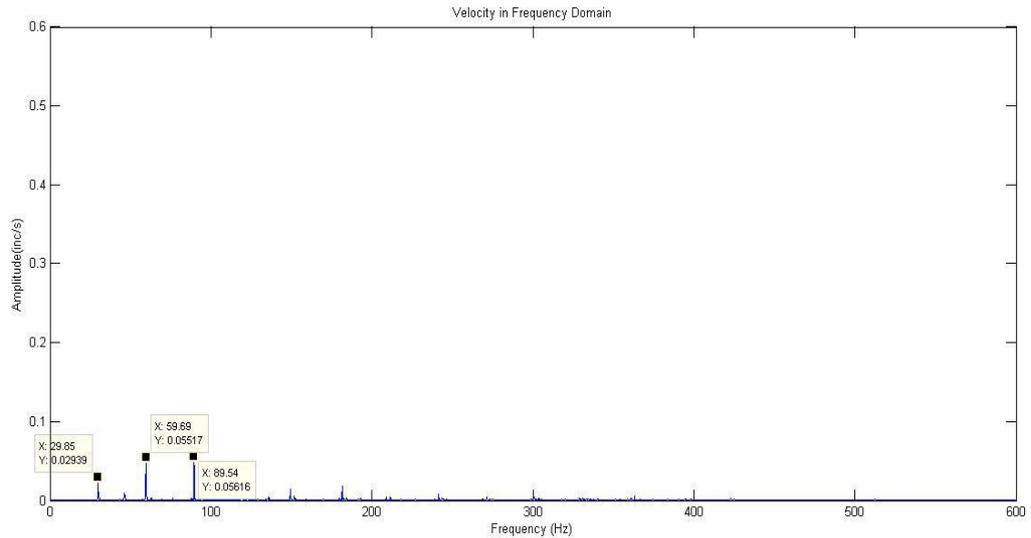
Gambar 8. Kopling jaw

Misalignment memiliki ciri amplitudo yang tinggi pada 1x rpm, 2x rpm atau 3x rpm, kemudian sinyal harmonik dengan amplitudo kecil pada 4x – 10x rpm. Pada kondisi *misalignment* di ambil dua arah untuk dianalisa.

Pengukuran pada kecepatan 1800 rpm pengambilan data dilakukan pada arah radial horisontal pada kopling jaw. Hasil pengukurannya pada Gambar 9. menunjukan hasil pengukuran sinyal amplitudo *velocity* (in/s) getaran terhadap frekuensi kondisi *misalignment* di arah radial horisontal pada 1800 rpm, diperoleh hasil pada frekuensi 1x diperoleh amplitudo 0,03837 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x nya diperoleh amplitudo sebesar 0,08046 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh amplitudo sebesar 0,5105 in/s. Kemudian dilakukan proses *alignment* hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 10, diperoleh hasil yaitu pada frekuensi 1x diperoleh amplitudo sebesar 0,02938 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x diperoleh amplitudo sebesar 0,05517 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh amplitudo sebesar 0,05616 in/s.



Gambar 9. Sinyal FFT kopling jaw kondisi *misalignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.



Gambar 10. Sinyal FFT kopling jaw kondisi *alignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.

Setelah hasil pengukuran dari kondisi *alignment* diperoleh (Gambar 10), getaran pada poros arah radial horisontal 1800 rpm mengalami penurunan yaitu pada frekuensi 1x mengalami penurunan menjadi 0,02938 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x turun menjadi 0,05517 in/s dan pada frekuensi 3x turun menjadi 0,05616 in/s. Pada Gambar 22. ketika kondisi *misalignment* puncak tertinggi terlihat pada saat frekuensi 3x yaitu mencapai amplitudo di atas 0,5 in/s dan pada frekuensi 1x, 2x juga terlihat tinggi bahkan frekuensi 4x hingga seterusnya masih terdapat puncak – puncak yang tinggi hingga frekuensi 400 hz menunjukkan bahwa getaran yang ada cukup tinggi. Setelah di lakukan *alignment* puncak tertinggi hanya mendekati amplitudo 0,06 in/s bahkan tidak sampai 0,06 in/s yaitu pada frekuensi 2x dan 3x, sedangkan pada frekuensi 1x, 2x nya puncaknya rendah dan setelah frekuensi 3x puncak – puncaknya semakin kecil. Menunjukkan bahwa getaran yang ada semakin kecil setelah dilakukannya proses *alignment*.

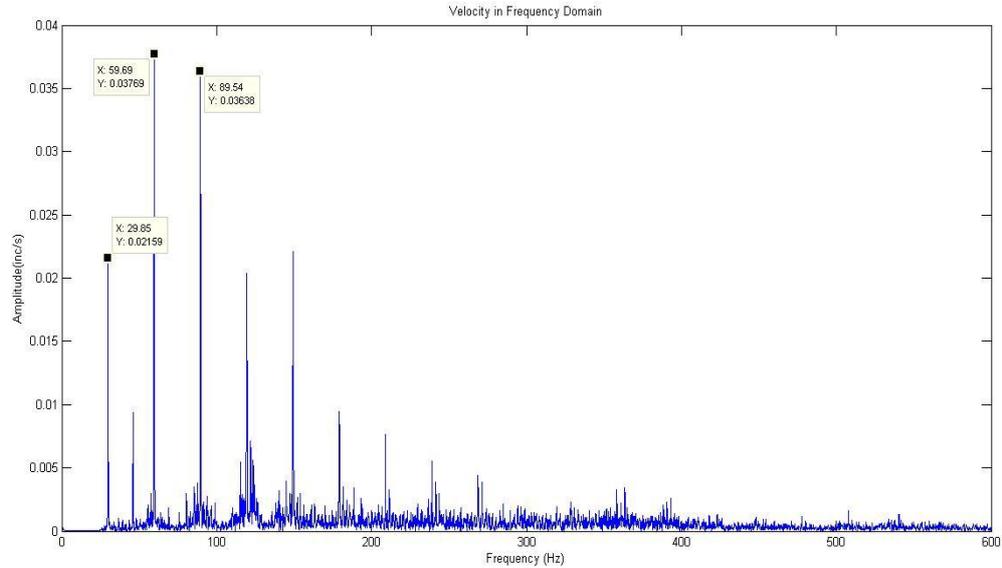
3.1.1 Analisa getaran poros dengan variasi kopling roda gigi

Gambar 11. menunjukkan jenis kopling roda gigi yang digunakan dalam penelitian berikutnya, arah yang di ambil sama dengan kopling jaw yaitu dilakukan pada arah radial horisontal. Sedangkan rpm yang digunakan yaitu 1800 rpm.

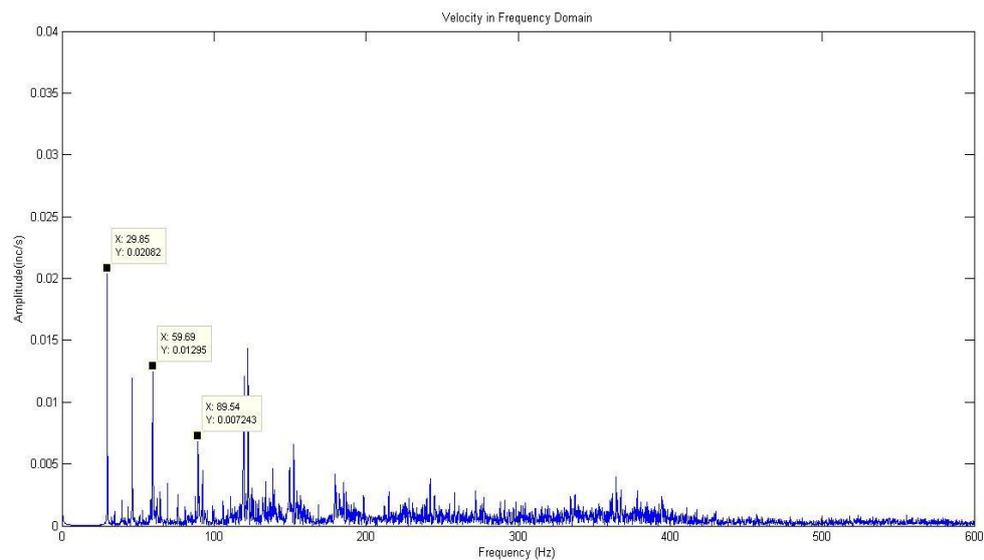


Gambar 11. Kopling roda gigi

Hasil pengukuran pada arah radial horisontal kondisi *misalignment* dengan kecepatan 1800 rpm pada arah yang sama yaitu radial horisontal. Gambar 12. menunjukkan hasil pengukuran sinyal amplitudo (in/s) getaran terhadap frekuensi kondisi *misalignment* pada arah radial horisontal 1800 rpm, diperoleh hasil pada frekuensi 1x diperoleh amplitudo sebesar 0,02159 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x diperoleh amplitudo sebesar 0,03769 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh 0,03638 in/s. Kemudian dilakukan proses *alignment* Gambar 13. menunjukkan hasil pengukuran sinyal amplitudo (in/s) getaran terhadap frekuensi kondisi *alignment* pada arah radial horisontal 1800 rpm, diperoleh hasil pada frekuensi 1x diperoleh amplitudo sebesar 0,02082 in/s, pada frekuensi 2x diperoleh amplitudo sebesar 0,01295 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh amplitudo sebesar 0,007243 in/s.



Gambar 12. Sinyal FFT kopling roda gigi kondisi *misalignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.



Gambar 13. Sinyal FFT kopling roda gigi kondisi *alignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.

Pada Gambar 12. menunjukkan ketika kondisi *misalignment* puncak tertingginya terletak pada saat frekuensi 2x dan 3x amplitudo mencapai 0,04 in/s dan setelah frekuensi 3x masih terdapat puncak – puncaknya dan saat kondisi *alignment* puncak tertinggi terlihat pada saat frekuensi 1x amplitudo mendekati 0,03 in/s dan frekuensi selanjutnya puncak – puncaknya semakin kecil semakin tidak terlihat. Saat kondisi telah di *alignment* (Gambar 13) getaran mengalami penurunan yaitu pada frekuensi 1x amplitudo turun menjadi 0,02083 in/s, pada frekuensi 2x amplitudo turun menjadi 0,01295 in/s dan pada frekuensi 3x amplitudo turun menjadi 0,007243 in/s.

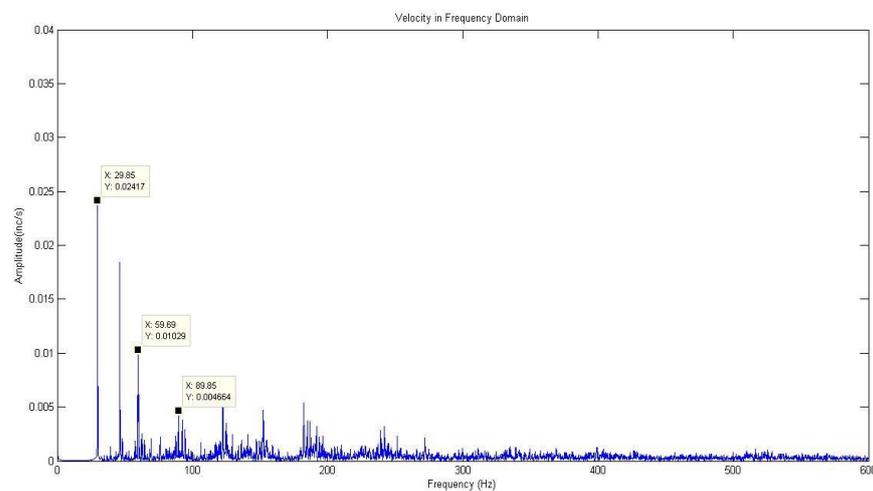
3.1.2 Analisa getaran poros dengan variasi kopling beam

Gambar 14. menunjukkan sebuah kopling yaitu kopling beam yang digunakan dalam penelitian ini, kecepatan yang digunakan pada penelitian kopling beam yaitu 1800 rpm. Arah yang di ambil yaitu pada arah radial horisontal.

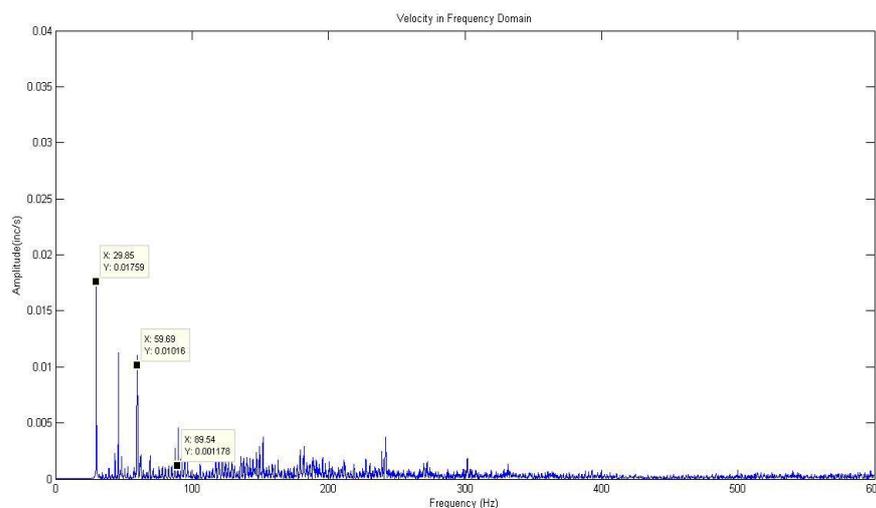


Gambar 14. Kopling beam

Pada kopling beam pengukuran dilakukan pada arah radial horisontal dengan kecepatan 1800 rpm dengan arah yang sama yaitu radial horisontal pada kopling beam. Gambar 15. menunjukkan hasil pengukuran sinyal amplitudo (in/s) getaran terhadap frekuensi kondisi *misalignment* pada arah radial horisontal kondisi *misalignment* diperoleh hasil pada frekuensi 1x diperoleh amplitudo sebesar 0,02417 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x diperoleh amplitudo sebesar 0,00259 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh amplitudo sebesar 0,04664 in/s. Kemudian dilakukan *alignment* Gambar 16. menunjukkan hasil pengukuran saat kondisi *alignment* diperoleh hasil pada frekuensi 1x diperoleh hasil pengukuran sebesar 0,01759 in/s, pada frekuensi 2x diperoleh amplitudo sebesar 0,01016 in/s dan pada frekuensi 3x diperoleh amplitudo sebesar 0,0001178 in/s.



Gambar 15. Sinyal FFT kopling beam kondisi *misalignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.



Gambar 16. Sinyal FFT kopling beam kondisi *alignment* arah radial horisontal dalam domain frekuensi pada 1800 rpm.

Setelah di *alignment* tidak semuanya mengalami penurunan pada frekuensi 1x amplitudo mengalami penurunan menjadi 0,01759 in/s, sedangkan pada frekuensi 2x amplitudo mengalami penurunan menjadi 0,01016 in/s dan frekuensi 3x amplitudo mengalami penurunan menjadi 0,001178 in/s. Saat kondisi *misalignment* puncak tertinggi pada frekuensi 1x amplitudo diantara 0,025 in/s (Gambar 15) setelah di *alignment* puncak tertinggi pada frekuensi 1x amplitudo hanya mendekati 0,02 in/s (Gambar 16) menunjukan bahwa kondisi yang ada meskipun berbeda tetapi tidak terlalu jauh melainkan perubahannya hanya sedikit. Sedangkan puncak – puncak sinyal lainnya tidak begitu terlihat perbedaannya dikarenakan getaran saat kondisi *misalignment* kecil karena kopling yang lentur sehingga mengurangi getaran yang ada.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah: 1. Karakteristik amplitudo getaran sinyal dengan kopling jaw pada kecepatan 1800 rpm. Pada kondisi *misalignment* puncak tertinggi diatas amplitudo 0,5 in/s dan setelah di *alignment* puncak tertingginya turun drastis hanya tidak sampai amplitudo 0,06 in/s. 2. Karakteristik amplitudo getaran sinyal dengan kopling roda gigi pada kecepatan 1800 rpm. Pada kondisi *misalignment* puncak tertinggi mencapai amplitudo 0,04 in/s dan setelah di *alignment* puncak tertingginya turun hanya mendekati amplitudo 0,012 in/s. 3. Karakteristik amplitudo getaran sinyal dengan kopling beam pada kecepatan 1800 rpm. Pada kondisi *misalignment* puncak tertinggi mencapai amplitudo 0,025 in/s dan setelah di *alignment* puncak tertingginya turun tidak mendekati amplitudo 0,02 in/s. 4. Diantara kopling jaw, kopling roda gigi, dan kopling beam dapat disimpulkan bahwa kopling beam mempunyai penurunan amplitudo yang paling kecil dibanding dengan penurunan amplitudo dari kopling jaw dan kopling roda gigi.

5. REFERENSI

- [1] Darto, Sudjatmiko, 2015, Mekanisme Proses *Alignment* Poros Mesin Rotasi Perbantuan Perangkat Lunak, Info Teknik Vol 16, Teknik Mesin Unmer Malang.
- [2] *cbs.grundfos.com*. (Diakses pada tanggal 19 September 2015)
- [3] James E. Berry, P.E., *Principles of Digital Data Acquisition and FFT Processing for Spectral Analysis, IRD Mechanalysis Level III*, Technical Associates of Charlotte, Inc.
- [4] Proakis, J.G., *Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall International, New Jersey, 1996.
- [5] Al Thobiani, Faisal (2011) *The Non-intrusive Detection of Incipient Cavitation in Centrifugal Pumps*. Doctoral thesis, University of Huddersfield.