

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN ALIGNMENT RODA GIGI SPIRAL

Muh Al Fitrah^{1*}, Muhammad Fachrul², Muhammad Ikhsan³

^{1,2,&3}Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Bosowa, Makassar

*Corresponding Author Email : zakamuh57@gmail.com , mfachrul79@gmail.com

Abstrak

Kegagalan paling umum yang terjadi pada mesin rotasi biasa disebabkan ketidakselarasan poros atau element transmisi pada suatu struktur permesinan atau disebut Misalignment yang dapat memicu keausan, getaran tinggi bahkan suhu yang tinggi, sehingga pembelajaran mengenai alignment sangat dibutuhkan di dunia perkuliahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun media pembelajaran alignment roda gigi spiral sebagai alat bantu praktikum bagi mahasiswa. Metode alignment yang digunakan dengan menggunakan dial indikator sebagai alat penyalaras dari kopling dengan pengambilan data pada sudut 0°, 90°, 180°, dan 270° dan nilai dial menunjukkan nilai 0,9 0,8 dan 1,10 dan nilai runouting 0,45 0,4 dan 0,55 sebelum proses alignment data getaran menunjukkan pada sumbu X adalah 0,2mm/s² sumbu Y adalah 0,4 mm/s² dan sumbu Z adalah 0,3 mm/s², sedangkan pada nilai getaran pada setelah di alignment adalah sumbu x adalah 0,1mm/s² sumbu Y adalah 0,1 mm/s² dan sumbu X adalah 0,1 mm/s² sehingga dapat disimpulkan setelah alignment dapat menurunkan getaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini meningkatkan presisi, efisiensi, dan keamanan dalam sistem transmisi. Selain itu, alat ini memiliki nilai edukatif yang tinggi dalam mendukung pemahaman konsep alignment secara praktis di Politeknik Bosowa.

Kata kunci : Misalignment, Alignment Roda Gigi Spiral, Media Pembelajaran, Presisi

1. Pendahuluan

Misalignment merupakan kondisi ketika poros dari dua komponen yang terhubung tidak berada pada satu garis lurus. Kondisi ini menjadi salah satu penyebab kegagalan yang paling umum pada mesin rotasi (Dodi Budi Laksono & Handi Rahmannuri, 2018)[1]. Faktor lain yang cukup mempengaruhi timbulnya getaran pada mesin rotasi adalah penggunaan kopling. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian mengenai misalignment dengan menggunakan variasi kopling lovejoy, roda gigi, dan beam, untuk mempelajari karakteristik sinyal spektrum getaran akibat kerusakan mesin rotasi yang disebabkan oleh misalignment (Deni Dwi Darmawan, 2016)[2].

Alignment adalah proses menyelaraskan elemen-elemen desain, baik terhadap elemen lain maupun terhadap elemen referensi seperti roda gigi ataupun komponen yang serupa. Dalam proses alignment ini, roda gigi menjadi salah satu komponen yang memiliki peran penting. Secara teoritis, roda gigi berfungsi untuk mentransmisikan daya dari putaran motor penggerak atau perangkat sejenis, diantaranya yang paling umum digunakan adalah roda gigi lurus, roda gigi helis tunggal roda gigi heliks ganda, roda gigi kerucut, roda gigi rack, roda gigi dalam, dan roda gigi cacing.

Dalam sistem transmisi mekanik, proses alignment memiliki peran penting untuk memastikan keselarasan poros serta transfer daya yang optimal. Konsep ini diperkuat oleh para peneliti seperti Azhari Akbar & Djoko Karmiadji (2021) yang membuktikan bahwa misalignment berkontribusi signifikan terhadap peningkatan amplitudo getaran pada berbagai kondisi operasi[3]. Selain itu, penelitian Dedi Suryadi, M. Reza Febriyanto, dan Fitrilina (2021) menunjukkan bahwa ketidaksesuaian poros dapat mengubah sinyal getaran dan suara mesin secara drastis, sehingga alignment yang presisi menjadi kebutuhan utama dalam pemeliharaan mesin rotasi[4].

Roda gigi sebagai salah satu elemen transmisi juga memiliki peran sentral dalam proses alignment. Secara teoritis, roda gigi berfungsi untuk mentransmisikan daya dari motor penggerak ke poros yang digerakkan. Jenis roda gigi seperti spur gear, helical gear, bevel gear, rack and pinion, gear dalam, maupun worm gear menuntut keselarasan yang akurat agar tidak terjadi konsentrasi beban pada salah satu sisi gigi.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini dikembangkan untuk menghadirkan media pembelajaran alignment tipe sabuk (V-belt) yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan komponen roda gigi berbahan baja VCN dan poros baja sebagai bagian dari perangkat pembelajaran. Keberadaan media ini diharapkan mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap pentingnya ketelitian dalam proses

alignment, mengingat presisi merupakan faktor utama yang menentukan efektivitas sistem transmisi. Kesalahan kecil dalam proses alignment dapat menimbulkan getaran tinggi yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada bearing, poros, maupun roda gigi itu sendiri[5]. Oleh karena itu, media pembelajaran ini diharapkan menjadi sarana praktikum yang mampu memperluas wawasan mahasiswa Politeknik Bosowa dalam mempelajari fenomena misalignment dan dampaknya terhadap performa mesin rotasi.

Jika ditelaah lebih lanjut, proses *alignment* ini membutuhkan ketelitian dan ketetapan pada setiap tahap pengerjaannya, karena presisi menjadi faktor utama dalam penelitian ini. Sedikit saja terjadi kesalahan dalam perhitungan atau pengerjaan, maka fungsi dan kinerja *alignment* roda gigi yang dikembangkan tidak akan maksimal. Hal ini berpotensi menimbulkan getaran (vibrasi) tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada bearing, poros, maupun roda gigi itu sendiri.

2. Metode Penelitian

a. Alignment

Alignment merupakan suatu kondisi Dimana posisi dua poros yang saling terhubung berada dalam satu garis sumber pusat. Mesin yang beroperasi dengan baik akan memiliki poros-poros yang selaras (*co-linear*) atau sejajar dalam kondisi normal. Maksud dari (*co-linear*) disini adalah setiap poros atau shaft berada tepat pada garis sumbu yang sama. Ketika kedua poros terletak dalam satu garis lurus, maka dianggap dalam kondisi *alignment* yang tepat.

Menjaga *alignment* sangat penting agar umur mesin tidak cepat rusak dan untuk meminimalkan resiko kerusakan akibat beban operasional yang tidak seimbang. Proses *alignment* ini harus diperhatikan sejak tahap pemasangan dan terus dijaga selama masa pengoperasian mesin, karena ketidaktepatan poros dapat mempercepat keausan kompone.[5]

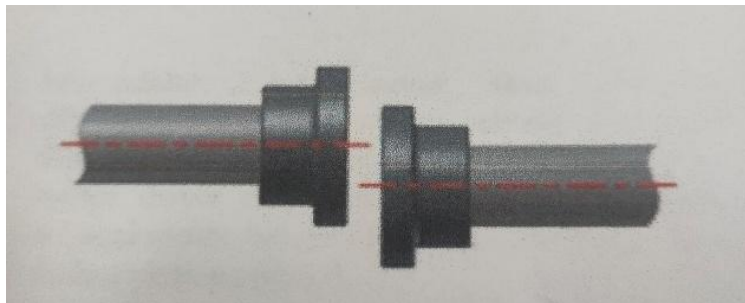
b. Misalignment

Misalignment merupakan kondisi ketidaktepatan posisi antara dua poros yang terhubung, Dimana titik pusat keduanya tidak berada pada satu garis sumbu lurus. Keadaan ini mencerminkan bahwa poros poros tersebut tidak sejajar secara geometris sehingga menyebabkan gangguan dalam transmisi gerak atau daya. [2]

Apabila *misalignment* terjadi, khususnya pada bagian kopling, maka akan menimbulkan konsekuensi serius seperti percepatan kerusakan pada kopling dan bearing. Menurut penelitian Andi Ulfina (2016), *misalignment* dapat memicu getaran yang berlebihan saat mesin beroperasi, yang berpotensi merusak komponen lain dan menurunkan efisiensi kerja sistem secara keseluruhan [6]. Berikut jenis-jenis *misalignment*.

1) Misalignment Sejajar (*Offset/Parallel Misalignment*)

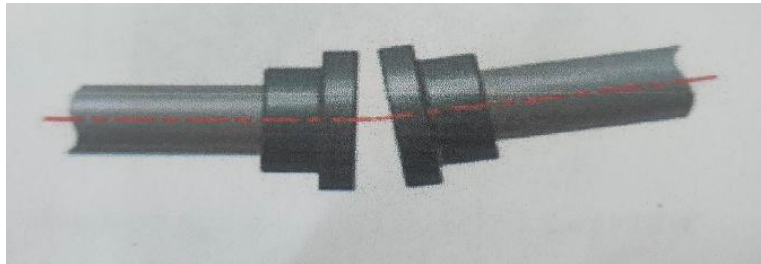
Misalignment sejajar terjadi ketika dua poros berputar sejajar namun garis sumbunya tidak berada pada satu garis lurus. Situasi ini muncul ketika titik Tengah antara kedua poros tidak berada pada satu garis sumbu yang sama.



Gambar 1. Misalignment Sejajar

2) Misalignment Menyudut (*Angular Misalignment*)

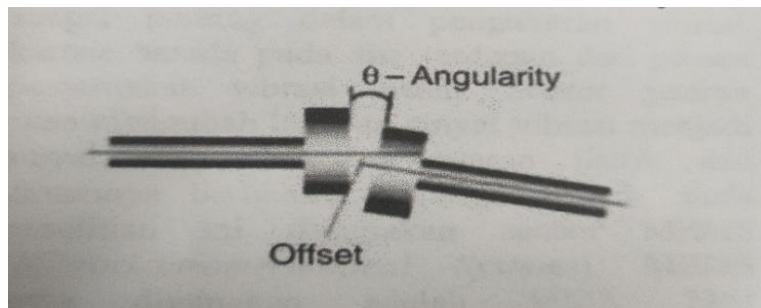
Misalignment menyudut yang disebut juga sebagai *face alignment*, merupakan kondisi kedua poros tidak membentuk garis sejajar, tetapi juga tidak terdapat jarak antara sumbu (*offset*) sehingga garis sumbu porosnya tetap bertemu di satu titik. Dalam kondisi ini, kedua poros berada pada bidang yang sama, namun terdapat sudut antara sumbu poros. Besar sudutnya biasanya dinyatakan dalam satuan inci per inci (*rise over run*) atau bisa juga dalam derajat.



Gambar 2. Angular Misalignment

3) Misalignment Kombinasi (*Combination Misalignment*)

Combination misalignment atau juga dikenal sebagai *angular combination* atau *skewed misalignment*, adalah kondisi ketika dua poros tidak sejajar (baik secara paralel maupun menyudut) dan keduanya memotong garis sumbu kopling dengan arah yang tidak sama. Masalah kombinasi ini cukup umum dijumpai dalam sistem poros dan termasuk dalam kategori *misalignment*. Jenis *misalignment* kombinasi ini bisa terjadi pada bidang horizontal, vertikal, atau keduanya secara bersamaan.



Gambar 3. Combination Misalignment

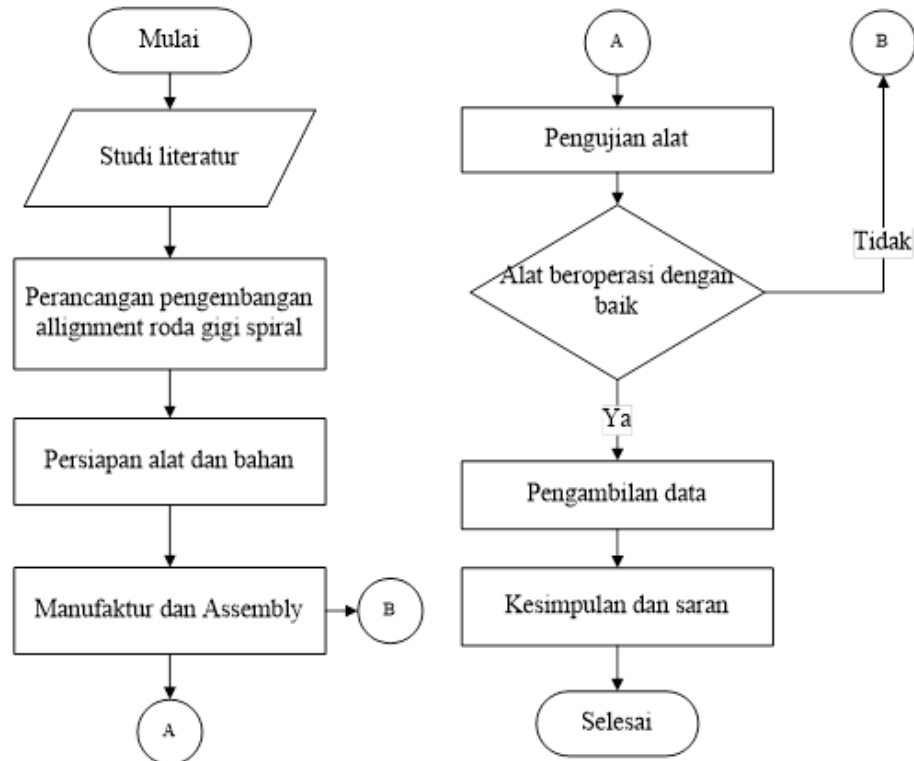
c. Roda Gigi

Roda gigi adalah salah satu komponen yang umum di pakai pada mesin juga pada sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan daya dari poros penggerak ke poros yang akan digerakkan. Daya berpindah melalui proses *rolling* kontak antara dua permukaan gigi yang saling terhubung. Sebab adanya pemindahan daya berupa tenaga yang besar akan mengakibatkan timbulnya tekanan yang cukup tinggi pada permukaan kontak antara dua permukaan gigi dari roda gigi. Hal ini akan menyebabkan kegagalan pada permukaan gigi, seperti *pitting* yang disebabkan oleh adanya beban dinamik. Selain itu, kegagalan dapat terjadi pada permukaan gigi berupa *scoring* yang dapat disebabkan oleh pelumasan yang kurang baik.

Berdasarkan bentuk pola giginya, roda gigi dapat diklasifikasikan menjadi 6 jenis yaitu roda gigi lurus, roda gigi heliks, roda gigi gayung (*bevel gear*), roda gigi spiral, roda gigi cacing (*worm gear*), dan roda gigi dalam. Dalam penelitian ini digunakan jenis roda gigi spiral. Roda gigi spiral memiliki gigi yang berbentuk lengkungan atau kurva. Roda gigi spiral bekerja dengan *progressive engagement*, sehingga kontak antar gigi berlangsung lebih lembut dibanding roda gigi lurus serta sensitif terhadap misalignment parallel (*offset*), *angular misalignment* dan *axial thrust load* akibat sudut heliks. Sehingga hal ini memudahkan dalam pengamatan perubahan getaran kecil saat misalignment dibuat.

d. Tahapan Penelitian

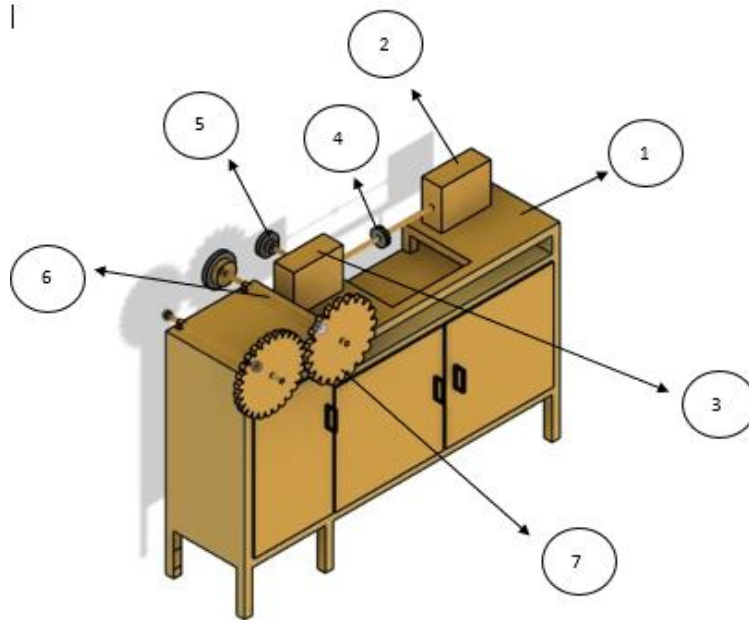
Pengembangan modul pembelajaran *allignment* roda gigi spiral memiliki beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan alat, persiapan bahan, manufaktur dan perakitan, serta pengujian fungsional. Setelah alat beroperasi dengan baik, dilakukan pengambilan data terkait kondisi alignment dan pola kontak roda gigi. Hasil pengujian kemudian digunakan untuk menyusun kesimpulan dan saran pengembangan media pembelajar.

Perancangan media pembelajaran *allginment* roda gigi spiral dilakukan berdasarkan identifikasi kebutuhan, kemudian dilakukan perancangan pada *software*. Hasil perancangan menjadi acuan untuk membuat alat. Apabila hasil rancangan sesuai dengan tujuan maka dilanjutkan pada proses manufaktur. Berikut hasil perancangan modul pembelajaran *allignment* roda gigi spiral menggunakan *software*.



Gambar 5. Rancangan Hasil Karya

Keterangan gambar:

- 1) Rangka mesin
Berfungsi sebagai kerangka utama atau struktur penopang yang menampung serta menghubungkan berbagai bagian dari komponen mesin.
- 2) Motor
Berfungsi sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan sistem mekanik, motor juga berperan ganda : fungsional dan edukatif.
- 3) Reducer
Reducer yang dipakai yaitu 1/30, berfungsi sebagai alat untuk menurunkan kecepatan putaran (RPM) dari motor sebesar 1 banding 30, yang artinya jika motor berputar 30 kali, poros keluaran dari reducer hanya akan berputar satu kali.
- 4) Kopling
Berfungsi sebagai penghubung antara dua poros dalam sistem mekanik, sekaligus sebagai komponen penting yang harus diselaraskan (*alignment*) secara presisi agar transmisi tenaga berjalan lancar dan aman.
- 5) Pulley
Berfungsi sebagai komponen yang perlu diselaraskan secara presisi agar sistem transmisi tenaga berjalan efisien, aman, dan tahan lama.
- 6) Poros
Berfungsi sebagai penyangga dan penghubung antara roda gigi dengan sistem transmisi lainnya.
- 7) Roda gigi spiral
Roda gigi spiral berfungsi untuk meneruskan putaran dan gaya dari poros ke poros lainnya yang biasanya berada pada sudut tertentu, umumnya 90 derajat.

e. Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan utama yang digunakan dalam pembuatan media pembelajaran alignment roda gigi spiral

Tabel 1. Alat dan Bahan

No.	Nama	Jenis/keterangan	Fungsi
1	Motor Listrik	1430 rpm, 0,5 Hp; 220 V; 3,16 A; 50 Hz	Sebagai penggerak utama sistem rotasi
2	Roda gigi spiral	Bahan baja VCN	Meneruskan daya dan sebagai objek <i>alignment</i>
3	Poros	Bahan besi	Menghubungkan roda gigi dan motor
4	Kopling	Tipe <i>lovejoy</i>	Menghubungkan dua poros agar dapat berputar Bersama
5	<i>Pulley</i>	-	Sebagai komponen penggerak sabuk
6	<i>V-belt</i>	Tive sabuk v	Meneruskan putaran dari pulley ke gear reducer
7	Gear reducer	-	Menurunkan kecepatan dan menambah torsi

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Pengembangan Modul Pembelajaran *Alignment* Roda Gigi Spiral

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem *alignment* roda gigi spiral yang dirancang untuk meningkatkan presisi pemasangan antar poros serta mengurangi tingkat *misalignment* yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen transmisi.



Gambar 6. Hasil Pengembangan Modul Pembelajaran *Alignment* Roda Gigi Spiral

Penelitian ini berhasil merancang sebuah prototipe sistem *alignment* roda gigi spiral yang bertujuan untuk menyelaraskan posisi poros, guna mengurangi kesalahan dalam proses pemasangan. Perangkat ini dirancang secara modular dan terdiri dari komponen utama seperti rangka, motor, *reducer*, *pulley*, roda gigi,udukan bearing, serta dial indicator sebagai alat bantu ukur. Melalui sistem ini, pengguna dapat mengidentifikasi adanya ketidaksejajaran, baik secara parallel, maupun sudut. Informasi hasil pengukuran tersebut kemudian dimanfaatkan untuk melakukan penyesuaian posisi poros, sehingga keduanya dapat diposisikan secara sejajar. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini terbukti mampu menurunkan tingkat getaran dan mencegah terjadinya kerusakan dini pada komponen akibat *misalignment*.

b. Prosedur Pelaksanaan *Alignment*

Modul pembelajaran *alignment* roda gigi spiral digunakan untuk memberikan pemahaman praktis

tentang pengaruh penyelarasan (alignment) terhadap kinerja sistem roda gigi dan getaran yang dihasilkan. Berikut prosedur penggunaan modul pembelajaran alignment.

- 1) Memasang dial indicator pada permukaan kopling dengan memastikan posisi dan kekencangan penjepit sesuai standar pengukuran.
- 2) Mengatur ulang (*reset*) dial indicator ke posisi nol sebagai titik acuan sebelum pengukuran dilakukan.
- 3) Memutar kopling secara perlahan hingga mencapai posisi sudut 0° , 90° , 180° , dan 270° untuk memperoleh data penyimpangan pada setiap titik pengukuran.
- 4) Mengulangi prosedur pengukuran pada langkah 1 hingga 3 guna memastikan konsistensi hasil dan memperoleh data yang lebih akurat.
- 5) Mengencangkan baut padaudukan motor menggunakan metode pengencangan menyilang, sehingga distribusi gaya lebih merata dan posisi poros tetap stabil.
- 6) Mengoperasikan alat simulasi alignment dengan menekan sakelar *ON* untuk memulai pengujian setelah seluruh komponen dipastikan terpasang dan tersetel dengan benar.

c. Pengujian Alat *Alignment* Roda Gigi Spiral

Pengujian Alat di lakukan pada misalignment pada kopling dan roda gigi menggunakan parameter sudut kpling dan jarak antar bearing.

1) *Misalignment* pada Kopling

Berikut hasil pengujian alat untuk misalignment pada kopling menggunakan parameter sudut.

Tabel 1. Data Misalignmnet pada Kopling

Parameter	Nilai Dial	Runouting
0°	0	0
90°	0,9	0,45
180°	0,8	0,4
270°	1,10	0,55

Tabel 2. Pengujian alat *Alignment* pada Kopling

Nilai getaran pada Sumbu	Sebelum <i>alignment</i> (mm/s ²)	Sesudah <i>alignment</i> (mm/s ²)
X	0,2	0,1
Y	0,4	0,1
Z	0,3	0,1

Berdasarkan data yang tercantum diatas, dapat dilihat bahwa terjadi *misalignment* parallel pada kopling, yang terdeteksi melalui pengkuran menggunakan dial indicator dan analisis nilai runout pada empat sudut yang berbeda. Nilai deviasi terbesar ditemukan pada sudut 270° yaitu sebesar 1,10mm dengan nilai runout mencapai 0,55 mm, menunjukkan tingkat ketidaksejajaran yang cukup tinggi. Sementara itu, sudut 90° dan 180° masing masing mencatat deviasi sebesar 0,9 mm dan 0,8 mm disertai runout sebesar 0,45 mm dan 0,40 mm yang turut menegaskan bahwa poros belum sepenuhnya sejajar terhadap kopling. Di sisi lain, pengukuran getaran sebelum *alignment* menunjukkan nilai 0,2 mm/s² pada sumbu X, 0,4 mm/s² pada sumbu Y, dan 0,3 mm/s² pada sumbu Z. setelah dilakukan proses *alignment*, ketiga sumbu menunjukkan nilai getaran yang sama, yaitu 0,1 mm/s². Penurunan ini menjadi indikasi bahwa proses penyelarasan berhasil mengoreksi ketidaksejajaran sekaligus menstabilkan sistem transmisi, sehingga kinerja mekanisme secara keseluruhan menjadi lebih efesien dan minim gangguan dinamis.

2) Misalignment Roda Gigi

Hasil pengujian alat untuk misalignment pada roda gigi dengan pergeseran sebesar 1,8 mm

Tabel 3. Data *misalignment* pada roda gigi

Parameter	Nilai
Jarak bearing ke roda gigi	84 mm
Jarak bearing1 ke bearing2	124 mm
Diameter roda gigi	165 mm
Celah	1,5 mm

Tabel 4. Pengujian Alat Allignment pada Roda Gigi

Nilai Getaran pada Sumbu	Sebelum <i>Allignment</i> (mm/s ²)	Sesudah <i>Allignment</i> (mm/s ²)
X	1.7	1.6
Y	2.2	1.8
Z	1.6	1.2

Dari hasil pengukuran terhadap kondisi *misalignment* pada roda gigi, diketahui bahwa jarak antara bearing dengan roda gigi adalah 84 mm, sedangkan jarak antara bearing pertama dan bearing kedua mencapai 124 mm. Adapun roda gigi yang digunakan memiliki diameter 165 mm dengan celah 1,5 mm. Ditemukan adanya pergeseran sebesar 1,8 mm, yang menunjukkan ketidaksejajaran pada system. Nilai getaran yang terdeteksi pada sumbu X, Y, dan Z sebelum dilakukan penyelarasan masing masing sebesar 1,7 mm/s², 2,2 mm/s² dan 1,6 mm/s². Setelah dilakukan proses *allignment*, terjadi penurunan nilai getaran menjadi 1,6 mm/s² di sumbu X, 1,8 mm/s² di sumbu Y, dan 1,2 mm/s² di sumbu Z. Penurunan ini menunjukkan bahwa proses penyelarasan berhasil mengurangi getaran akibat *misalignment*, sehingga sistem mekanik beroperasi lebih baik.

Untuk mengetahui besarnya nilai pergeseran, berikut disajikan cara untuk nilai pergeserannya.

Diketahui:

Jarak bearing ke roda gigi = 84 mm
 Jarak bearing 1 ke bearing 2 = 124 mm
 Diameter roda gigi = 165 mm
 Celah = 1,5 mm

Ditanyakan :

Cara mendapatkan pergeseran?

$$\begin{aligned}\sin x &= \frac{\text{lebar celah}}{\text{diameter roda gigi}} \\ \sin x &= \frac{1,5 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} \\ \sin x &= 0,009 \\ \sin x &= 0,009 \times \text{jarak roda gigi ke bearing 2} \\ \sin x &= 0,009 \times 208 \text{ mm} \\ \sin x &= 1,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan data yang tersedia, diperoleh nilai pergeseran sebesar 1,8 mm. Angka ini dihitung melalui perbandingan antara lebar celah pada roda gigi dan diameter roda gigi, lalu dikalikan dengan jarak keseluruhan dari posisi roda gigi hingga bearing kedua. Nilai tersebut menunjukkan tingkat pergeseran komponen akibat adanya celah, yang dapat memengaruhi ketetapan putaran serta performa sistem transmisi. Jika nilai pergeseran melebihi batas toleransi yang diperbolehkan, hal ini berpotensi menimbulkan masalah seperti meningkatnya getaran, percepatan

keausan komponen, dan menurunnya efisiensi mesin.

4. Penutup

a. Kesimpulan

Media pembelajaran alignment roda gigi spiral yang dikembangkan telah memenuhi tujuan sebagai sarana pendukung praktikum mata kuliah alignment. Alat ini terbukti mampu menurunkan tingkat misalignment pada kopling maupun roda gigi spiral melalui penurunan nilai getaran pada seluruh sumbu pengukuran setelah proses penyelarasan. Selain itu, media ini meningkatkan ketelitian, efisiensi, dan keamanan sistem transmisi melalui penyelarasan poros yang akurat. Dari sisi edukatif, alat ini mempermudah mahasiswa memahami prinsip alignment secara praktis sekaligus melatih kemampuan analisis dan perhitungan teknis terkait pergeseran komponen dan dampaknya terhadap kinerja mesin.

b. Saran

Agar media pembelajaran ini dapat berkembang lebih optimal dan digunakan dalam jangka Panjang, beberapa saran yang direkomendasikan antara lain:

- 1) Peningkatan akurasi ukuran, menambahkan sensor digital atau sistem pembacaan berbasis komputer untuk menghasilkan pengukuran *alignment* yang lebih presisi dan mempermudah analisis data.
- 2) Pengujian daya tahan, melakukan uji coba berulang dengan berbagai variasi beban dan durasi operasi untuk mengetahui ketahanan komponen, terutama roda gigi, poros, dan kopling.
- 3) Peningkatan kualitas material, menggunakan bahan dengan spesifikasi teknis yang lebih tinggi untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi keausan, serta mempertahankan presisi dalam jangka waktu yang lama.

Referensi :

- [1] D. Budi Laksono and H. Rahmannuri, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Setting Alignment," *Teknol. dan Terap. Bisnis*, vol. 2, no. 1, pp. 2615–8817, 2018.
- [2] D. D. Darmawan *et al.*, "Misalignment Kopling Dengan Analisis Sinyal Getaran Kondisi," vol. 4, no. 2, pp. 197–206, 2016.
- [3] Azhari Akbar and D. Karmiadi, "Analisis Getaran Pengaruh Variabel Misalignment," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 141–150, 2021, doi: 10.35814/teknobiz.v11i3.2901.
- [4] D. Suryadi, M. R. Febriyanto, and F. Fitrilina, "Analisis Ketidaksesumbuan Poros (Misalignment) pada Rotordinamik Berdasarkan Sinyal Suara," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 487–495, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.02.25.
- [5] S. Junior S. and A. Saleh, "Analisis Pengaruh Misalignment Pada Kinerja Motor Induksi," *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 24, no. 1, pp. 18–25, 2022, doi: 10.37612/gema-maritim.v24i1.274.
- [6] A. Ulfiana, "Analisis Pengaruh Misalignment Terhadap Vibrasi Dan Kinerja Motor Induksi," *J. Poli-Teknologi*, vol. 10, no. 3, 2013, doi: 10.32722/pt.v10i3.65.