

Peningkatan Ulang Alat Uji Putar Kritis Poros Beban Menggunakan Metode VDI 2221

Glennart Sahat Rubian¹, Muhamad Fitri²

^{1,2)} Universitas Mercubuana

Jl. Meruya Selatan No.1 Kembangan Jakarta Barat

Email: limbongglen@gmail.com

ABSTRAK

Mengukur titik putaran kritis suatu poros diperlukan suatu alat uji yang mampu menguji putaran kritis suatu poros dengan beberapa parameter yang dijadikan acuan pada saat proses pengujian seperti beban pada poros, panjang poros, sifat material poros dan juga diameter poros. Karenanya perlu dirancang dan dibuat sedemikian rupa alat uji putaran kritis poros yang lebih fleksibel. Proses modifikasi alat uji putaran kritis menggunakan metode VDI 2221 dengan metode ini dipilih agar proses modifikasi dan pembuatan alat ini dipilih yang paling efektif. Adapun spesifikasi model alat uji ini dengan disk, serta 2 macam poros dengan panjang 600mm dan 1000mm menggunakan parameter kecepatan 1000rpm, 2000rpm, 3000rpm, 4000rpm, 5000rpm, dan 6000rpm dengan 2 macam panjang poros 600 mm sampai 1000 mm, serta dapat memutar poros sampai dengan kecepatan 2750 rpm. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat uji putaran kritis poros yang dapat menampilkan putaran kritis suatu poros serta dapat mengetahui defleksi yang terjadi saat terjadinya putaran kritis yang mana alat uji yang dibuat nantinya dapat digunakan sebagai alat praktikum ataupun penelitian mahasiswa dan juga bahkan penelitian dosen.

Kata kunci: Poros , Uji Poros, Putaran Kritis, VDI 2221.

ABSTRACT

To measure the point of rotation of a shaft, a test tool is needed that is capable of testing the rotation of a shaft with several parameters that are used as a reference during the testing process such as the load on the shaft, the length of the shaft, the material properties of the shaft and also the diameter of the shaft. Therefore, it is necessary to design and manufacture a rotation tester in such a way that a more flexible shaft is used. The process of modifying the critical rotation test equipment using the VDI 2221 method with this method was chosen so that the most effective process of modifying and manufacturing this tool was chosen. The specifications for this test equipment model are with a disc, as well as 2 kinds of shafts with lengths of 600mm and 1000mm using speed parameters of 1000rpm, 2000rpm, 3000rpm, 4000rpm, 5000rpm and 6000rpm with 2 kinds of shaft lengths from 600 mm to 1000 mm, and can rotate the shaft up to speed 2750rpm. The results of this study are a shaft rotation test tool that can display rotation to an axis and can find out the deflection that occurs when rotation occurs, which test equipment that is made can later be used as a practicum tool or student research and even lecturer research.

Keywords: Shaft, shaft test, critical speed, VDI 2221

Pendahuluan

Permasalahan mesin yang akan dimodifikasi adalah alat uji putaran kritis dimana sudah dirancang oleh peneliti terdahulu. Namun kondisi saat ini mesin tersebut sudah tidak bisa menyala kembali dikarenakan sensor arduino & motor listrik yang rusak membuat mesin tidak dapat digunakan lagi. Sehingga hasil pengujian tidak dapat dilakukan. Karenanya perlu dirancang dan dimodifikasi sedemikian rupa alat uji putaran kritis menggunakan part yang lebih fleksibel, dimana menggunakan sensor digital rpm untuk membaca rpm dan *dial gauge* untuk mengukur diameter poros untuk mengukur hasil defleksi pada poros (Ibriza & Elbi, 2022).

Poros dalam hal ini mempunyai peranan penting terutama sebagai media penerus gaya yang menghasilkan usaha(kerja). Suatu poros yang berputar pada kenyataannya tidak berada pada keadaan lurus, melainkan berputar dengan posisi melengkung. Pada suatu putaran tertentu lengkungan poros tersebut mencapai nilai maksimum. Putaran yang menyebabkan lengkungan poros mencapai nilai maksimum tersebut dinamakan putaran kritis yang menghasilkan efek Whirling Shaft Fenomena whirling ini terlihat sebagai poros berputar pada sumbunya, dan pada saat yang sama poros yang berdefleksi berputar relatif mengelilingi sumbu poros (Satoshi, 2018).

Suatu poros yang berputar biasanya terdapat gerakan baik dalam skala yang kecil maupun besar akibat dari pembebanan pada poros tersebut. Dimana gerakan sistem seperti itu berulang sendiri dalam interval waktu tertentu maka gerakan itu dikenal sebagai getaran (*vibration*). Akibat getaran yang terjadi pada poros bisa berakibat pada bantalan juga yang bisa merusak bagian mesin dan menimbulkan gaya yang tidak diinginkan (Zaki et al., 2018)

Dalam proses modifikasi suatu produk maupun alat, modifikasi yang sistematis diperlukan dalam proses mendesain suatu produk agar memenuhi beberapa aspek seperti kepraktisan dan kemudahan saat penggunaan, pemeliharaan, perbaikan serta keamanan/keselamatan. Untuk memenuhi hal ini maka perancangan alat uji putaran kritis ini dilakukan dengan menggunakan metode VDI 2221 yang mana merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi (Basri & Fitri, 2021).

Metode Penelitian

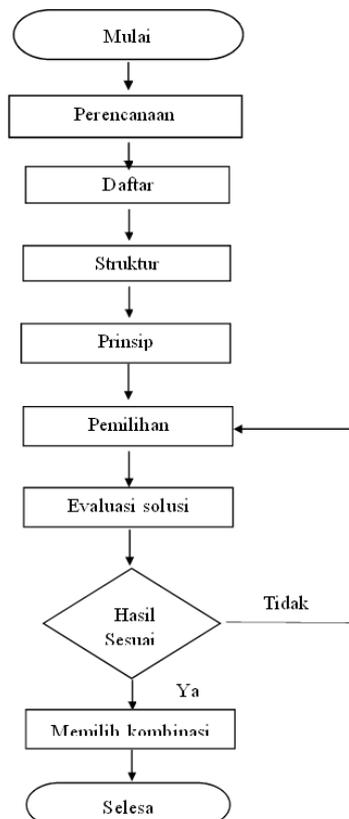
1. Metode VDI 2221

Metodologi penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Adapun konsep perancangan dilakukan tahap demi tahap sesuai dengan metode VDI 2221 yaitu mengacu pada tahapan atau fase yang terdapat di dalam metode pengembangan produk VDI 2221.

2. Diagram Alir Penelitian

Dalam Penelitian ini memiliki diagram alir berupa langkah awal hingga akhir

- a. Perencanaan, Pada tahap ini dijelaskan bagaimana proses perencanaan pembuatan alat uji.
- b. Daftar kehendak
Tahap ini yaitu mengumpulkan ide-ide yang dikehendaki dan kemudian membuat daftar spesifikasi.
- c. Struktur fungsi
Mencari fungsi keseluruhan maupun sub fungsi bagian dari produk yang akan dibuat.
- d. Prinsip solusi.
Mencari solusi dari komponen-komponen yang akan dijadikan suatu produk dengan mengkombinasikan satu sama lain untuk mendapatkan kombinasi yang terbaik dari beberapa varian yang dibuat.
- e. Pemilihan kombinasi.
- f. Menilai masing-masing variasi berdasarkan persyaratan yang ada di dalam tabel pemilihan Kombinasi
- g. Evaluasi solusi pilihan.
- h. Tahap ini menilai dari beberapa variasi dengan beberapa parameter yang dijadikan pertimbangan dalam proses pembuatan produk.
- i. Memilih kombinasi terbaik.
- j. Memilih kombinasi terbaik dari beberapa penilaian yang sudah dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor.



Gambar 1. Diagram alir proses analisa metode VDI 2221

Tahap pertama dikumpulkan ide-ide yang dikehendaki, yang keadaannya masih belum teratur. Ide-ide tersebut adalah sebagai berikut :

1. Alat uji putaran kritis poros dapat dipindahkan-pindahkan.
2. Aman saat digunakan.
3. Mudah dalam proses perakitan sensor rpm dan motor listrik.
4. Motor listrik mudah digunakan siapa saja.
5. Komponen tidak terlalu mahal.
6. Komponen mudah didapatkan dipasaran

3. Alat Uji Putaran Kritis

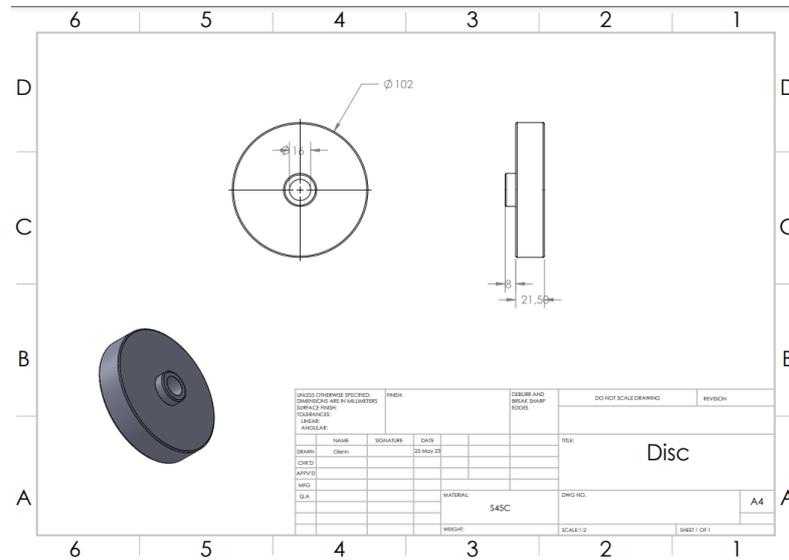
Alat uji putaran kritis ini menggunakan *Adjuster* bantalan alat uji putaran kritis juga memiliki jarak minimum 600mm dan maksimum 1000mm. diameter poros yang digunakan berukuran 16mm dengan menggunakan material ST41 seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Alat Uji Putaran Kritis

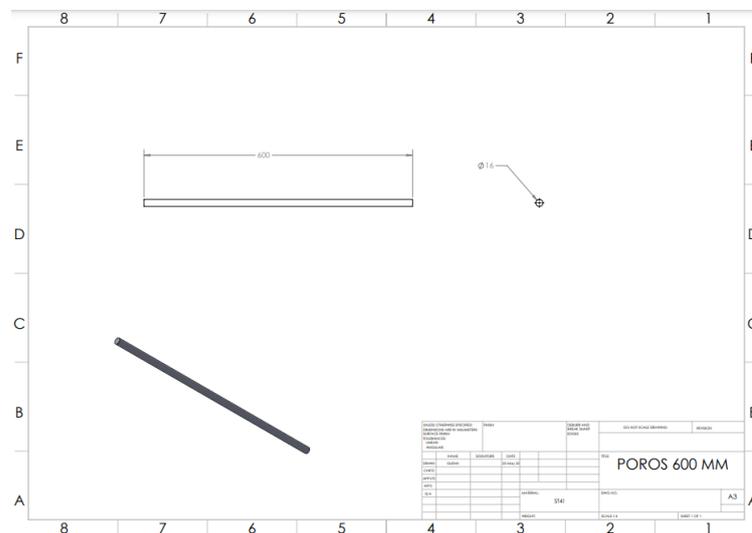
4. Pembuatan desain 3D'

Pembuatan komponen alat uji putaran kritis menggunakan Software Solidworks 2017. Dimulai dengan membuat beberapa komponen seperti poros dan disk, selanjutnya komponen tersebut di assembly, sehingga terbentuk model simulasi alat putaran kritis. Berikut adalah beberapa gambar bagian komponen dari alat uji putaran kritis.



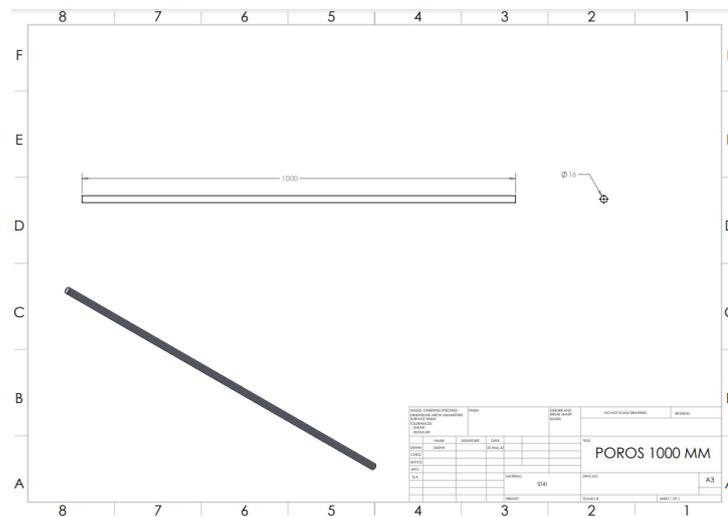
Gambar 3. Disk

Disk
 Tebal : 29,5 mm
 Diameter luar : 102 mm
 Material : S45C



Gambar 4. Poros 600mm

Poros antar bantalan = 600mm
 Diameter : 16 mm
 Jenis material : ST41
 M : 0.94 kg

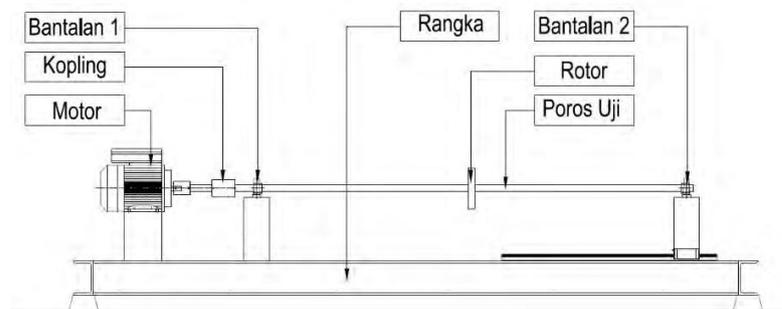


Gambar 5. Poros 1000mm

Poros antar bantalan = 1000mm
Diameter : 16mm
Material : ST41
m : 1,57kg

Hasil dan Pembahasan

Pemilihan material berdasarkan metode VDI 2221 kemudian bagaimana mengetahui proses perhitungan modifikasi alat uji putaran kritis poros, yang bertujuan untuk mengetahui apakah bahan yang dipilih & di modifikasi sudah tergolong aman atau tidak. Berikutnya adalah desain gambar berupa 2D & 3D. setelah gambar dan desain selesai selanjutnya modifikasi alat uji putaran kritis poros sesuai dengan yang telah di rancang agar sesuai dengan kehendak yang diinginkan



Gambar 6. Gambar sketsa mesin alat uji putaran kritis poros

Perhitungan Perencanaan

Dalam melakukan perancangan pada alat uji putaran kritis poros maka terlebih dahulu harus mengetahui parameter-parameter yang dijadikan acuan saat proses perancangan, parameter yang harus diketahui tersebut yaitu seperti diameter poros, sifat material poros, massa poros dan rotor, panjang poros serta juga kecepatan putar poros saat terjadinya putaran kritis yang mana beberapa parameter tersebut harus diliterasi untuk mendapatkan parameter lainnya yang ingin dicari.

Pada alat uji putaran kritis poros kali ini dirancang untuk pengujian poros berdiameter (d) 16mm ataupun juga bisa digunakan untuk 12mm dengan spesifikasi material S45C yang mana mempunyai nilai (E) modulus young 2×10^{11} N/m² dan massa (m) poros dan rotor yang diinginkan 2kg, serta putaran kritis poros yang ingin dicapai sampai dengan kecepatan (Nc) 2000rpm kecepatan ini dipilih karena kapasitas motor yang ada dipasaran tidak lebih dari 3000rpm sehingga penelitian ini memilih titik putaran kritis pada kecepatan putar poros 2000rpm.

- mm = Massa Motor = 3 kg
- mk = Massa Kopling = 0,5 kg
- mr = Massa Rotor = 1,57 kg
- mp = Massa Poros = 1 kg
- mk = Massa Kopling = 1 kg
- mb = Massa Bearing = 0,25 kg

Perhitungan torsi motor

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \pi n} \quad (1)$$

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \pi n}$$

$$T = \frac{300 \text{ watt} \times 60}{2 \times 3,14 \times 2750 \text{ rpm}}$$

$$T = \frac{18000}{16642}$$

$$T = 1,081 \text{ N.mm}$$

$$\delta = \frac{9,81}{43.281,56}$$

$$\delta = 2,23 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$(N_c) = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (2)$$

$$2000 \text{ rpm} = \frac{30}{3,14} \sqrt{\frac{9,81}{\delta}}$$

$$2000 \text{ rpm} = 9,554 \sqrt{\frac{9,81}{\delta}}$$

$$\frac{2000}{9,554} = \sqrt{\frac{9,81}{\delta}}$$

$$209,4 = \sqrt{\frac{9,81}{\delta}}$$

$$209,42 = \frac{9,81}{\delta}$$

Berdasarkan persamaan rumus berat poros diperhitungkan, disk dipasang ditengah poros maka kecepatan putaran kritis (N_c) poros A dengan beban didapatkan hasilnya yaitu:

$$E = 2,07 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \quad (3)$$

$$I = \frac{3,14 \times 0,016^4}{64} = 3,215 \times 10^{-9} \text{ kg/m}^2$$

$$m = 0,94 \text{ kg}$$

$$M = 1,57 \text{ kg}$$

$$L = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$f_n = 1,103 \sqrt{\frac{EI}{(0,486m + M)L^3}} \quad (4)$$

$$1,103 \sqrt{\frac{2,07 \times 10^{11} \cdot 3,215 \times 10^{-9}}{(0,486 \times 0,94 + 1,3)0,6^3}}$$

$$1,103 \sqrt{11754,579} = 46,202 \text{ HZ}$$

$$N_c = 60 \times 46,202 = 2772,12 \text{ RPM}$$

Dapat diketahui bahwa dalam rumus mencari nilai putaran kritis poros diperlukan nilai defleksi statis (δ) dari poros tersebut. Maka dari itu, nilai defleksi poros harus dicari terlebih dahulu menggunakan rumus berikut:

$$\delta = \frac{m \cdot g \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (5)$$

Defleksi Poros (δ)

$$m = 1,1 \text{ kg (poros)} + 1,57 \text{ kg (rotor)} = 2,67 \text{ kg}$$

$$E = 2,07 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$l = 700 \text{ mm} = 0,7 \text{ m}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot (0,016)^4}{64} = 3,215 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\delta = \frac{m \cdot g \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta = \frac{2,67 \cdot 9,81 \cdot (0,7)^3}{48 \cdot 2,07 \times 10^{11} \cdot 3,215 \times 10^{-9}}$$

$$\delta = \frac{8,88315}{31944}$$

$$\delta = 0,00028 \text{ m}$$

Analisis Hasil Simulasi Berdasarkan Teori



Gambar 7. Grafik hasil simulasi poros tanpa disk dan hasil teori

Gambar 7. Menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi poros tanpa disk dan hasil teori. Dari grafik tersebut menunjukkan garis penurunan akibat perubahan dari panjang poros yang diuji. Panjang poros yang diuji akan menimbulkan defleksi dan frekuensi natural yang mempengaruhi nilai dari kedua hasil tersebut. dan gambar

Simpulan

Pengujian hasil poros diberikan beban/disk di tengah poros panjang 600mm memiliki kecepatan putaran kritis 2771,5 RPM. Maka dengan hasil simulasi dan teori tersebut, alat uji putaran kritis harus menggunakan motor dengan spesifikasi kecepatan

Daftar Pustaka

- F. Ibriza and W. Elbi, "Perancangan Poros Pada Mesin Pengurai Limbahkelapa Muda," vol. 2, no. 12, pp. 4179–4186, 2022."
- Ibriza, F., & Elbi, W. (2022). *Perancangan Poros Pada Mesin Pengurai Limbahkelapa Muda*. 2(12), 4179–4186.
- Satoshi, (2018). "Realisasi dan kontrol plasmon permukaan lokal ultraviolet dalam Atsukiyo Taguchi," hlm. 2–8. (n.d.). 2–8.
- Zaki, A., Hartono, B., & Sutoyo, E. (2018). Analisa Getaran Bearing Berbasis Variasi Jarak Penyangga Pada Alat Uji Putaran Kritis. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.32832/ame.v4i1.986>
- A. Zaki, B. Hartono, and E. Sutoyo, "Analisa Getaran Bearing Berbasis Variasi Jarak Penyangga Pada Alat Uji Putaran Kritis," *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, p. 9, 2018, doi: 10.32832/ame.v4i1.986.
- M. Solichin, H. Laksana Guntur, W. Hendrowati, A. Annisa, and A. Daman, "Analisa Efek Whirling pada Poros karena Pengaruh Letak Beban dan Massa terhadap Putaran Kritis," vol. 364, no. Snttm Xiv, pp. 7–8, 2015.
- S. Basori, Syafrizal, "Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit dan Ropolda Material Alumunium 6063 Profil U dengan Beban Terdistribusi," *J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, pp. 50–58, 2015.
- E. Swanson, C. D. Powell, and S. Weissman, "A practical review of rotating machinery critical speeds and modes," *Sound Vib.*, vol. 39, no. 5, pp. 10–17, 2005.