



**RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS POROS
(*WHIRLING SHAFT APPARATUS*) UNTUK STUDI GETARAN
PADA SISTEM MEKANIS**

SKRIPSI

RIDWAN HAKIM ADNAN

1910311036

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024



**RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS POROS
(*WHIRLING SHAFT APPARATUS*) UNTUK STUDI GETARAN
PADA SISTEM MEKANIS**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

RIDWAN HAKIM ADNAN

1910311036

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh

Nama : Ridwan Hakim Adnan

NIM : 1910311036


Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS
POROS (*WHIRLING SHAFT APPARATUS*)
UNTUK STUDI GETARAN PADA SISTEM MEKANIS

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Budhi Martana S.T., M.M.
Penguji Utama



Ir. Sugeng Prayitno M.T.
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
Plt. Dekan Fakultas Teknik



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.
Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin S.T., M.T.
Ka. Prodi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 9 Januari 2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh

Nama : Ridwan Hakim Adnan

NIM : 1910311036

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS
POROS (*WHIRLING SHAFT APPARATUS*)
UNTUK STUDI GETARAN PADA SISTEM MEKANIS

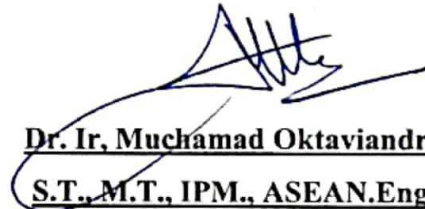
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui



M. Arifudin Lukmana S.T., M.T.

Pembimbing I



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng

Pembimbing II

Mengetahui



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Ka. Prodi S-1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ridwan Hakim Adnan

NIM : 1910311036

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, masa saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, Januari 2024

Yang Menyatakan,



Ridwan Hakim Adnan

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ridwan Hakim Adnan

NIM : 1910311036

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS POROS (*WHIRLING SHAFT APPARATUS*) UNTUK STUDI GETARAN PADA SISTEM MEKANIS

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : Januari 2024

Yang menyatakan,



(Ridwan Hakim Adnan)

**RANCANG BANGUN ALAT UJI PUTARAN KRITIS POROS
(WHIRLING SHAFT APPARATUS) UNTUK STUDI GETARAN
PADA SISTEM MEKANIS**

Ridwan Hakim Adnan

ABSTRAK

Keberhasilan sistem poros bergantung pada pemahaman kejadian putaran kritis, yang jika tidak diatasi dapat mengakibatkan kerusakan mekanis dan bahkan merusak mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk melibatkan pembelajaran langsung atau eksperimen guna mencegah potensi kerusakan tersebut. Untuk mengatasi kendala ini, telah dikembangkan sebuah alat uji putaran kritis berdimensi P x L x T = 1600 x 250 x 700 mm yang mampu melakukan uji putaran kritis dengan ukuran spesimen berdiameter 3 hingga 10 mm dan panjang 600 hingga 1000 mm. Alat uji putaran kritis poros dibuat melalui proses manufaktur yang memakan waktu sekitar 405,5 menit atau 7,25 jam dengan total biaya produksi yaitu Rp3.603.550,00. Pengujian yang dilakukan pada alat ini menghasilkan selisih nilai teoritis dan eksperimen sekitar 22 rpm dengan persentase 1,3744%. Hasil dari pengembangan alat uji ini dapat digunakan sebagai praktikum pembelajaran mengenai getaran dan dinamika mekanisme poros, memberikan solusi untuk mengatasi keterbatasan observasi langsung pada fenomena putaran kritis di industri tertentu.

Kata kunci: Putaran kritis, poros, alat uji

***DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CRITICAL SPEED
APPARATUS FOR VIBRATION STUDY IN MECHANICAL
SYSTEMS***

Ridwan Hakim Adnan

ABSTRACT

The effectiveness of a shaft system relies on a thorough comprehension of crucial rotational events. Failure to address these events may lead to mechanical breakdowns and potential damage to the entire engine. Therefore, it is imperative to actively engage in hands-on learning or experimentation to mitigate the risk of such harm. To surmount this challenge, a specialized critical rotation test tool has been created, measuring 1600 x 250 x 700 mm (L x W x H). This tool is adept at conducting critical rotation tests on specimens ranging from 3 to 10 mm in diameter and 600 to 1000 mm in length. The manufacturing of the critical shaft rotation test equipment involved a process spanning approximately 405.5 minutes or 7.25 hours, incurring a total production cost of IDR 3,603,550.00. Tests conducted with this equipment revealed a marginal difference of around 22 rpm between theoretical and experimental values, equating to a percentage variance of 1.3744%. Consequently, the developed test equipment proves invaluable for practical learning on the vibrations and dynamics of shaft mechanisms. It presents a viable solution to overcome the limitations associated with directly observing critical rotation phenomena in specific industries.

Keyword: Critical speed, whirling, shaft, test equipment

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan kuasa, karunia, dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar. skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S-1 Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Proses penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut, yakni sebagai berikut:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu turut serta memberikan doa dan dukungan kepada penulis baik secara moril maupun materil.
2. Bapak Ir. Fahrudin S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
3. Bapak M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. dan Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi.
4. Teman-teman Teknik Mesin khususnya Angkatan 2019 yang selalu hadir untuk menemani dan menyemangati penulis selama menjalani bangku perkuliahan.
5. Serta setiap pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan maka dari itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dengan tujuan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua pihak di kemudian hari.

Jakarta, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Alat Uji Putaran Kritis pada Poros	7
2.3. Komponen Alat Uji Putaran Kritis Poros	8
2.3.1. Motor Listrik	8
2.3.2. Rangka.....	8
2.3.3. Bantalan.....	8
2.3.4. Pengaman	9
2.3.5. Poros.....	9
2.3.6. Pengendali Motor	9
2.4. Putaran Kritis.....	9
2.4.1. Getaran	10
2.4.2. Frekuensi Getaran	10

2.4.3.	Kecepatan Sudut.....	10
2.4.4.	Frekuensi Natural	10
2.4.5.	Sistem Derajat Kebebasan Tunggal (<i>Single Degree of Freedom</i>)	11
2.4.6.	Defleksi	12
2.4.7.	Putaran Kritis pada Poros Tanpa Beban.....	12
2.5.	Poros	16
2.6.	Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Analysis</i>)	16
2.7.	Proses Manufaktur	17
2.8.	Proses Pemesinan	18
2.8.1.	Proses Pemotongan (<i>Cutting</i>).....	18
2.8.2.	Proses Pembubutan	19
2.8.3.	Proses Frais (<i>Milling</i>).....	20
2.8.4.	Proses Penggurdian (<i>Drilling</i>)	20
2.8.5.	Proses Penyambungan (<i>Joining</i>).....	21
2.9.	Biaya Produksi	23
2.9.1.	Biaya Material	23
2.9.2.	Biaya Pemesinan	23
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	24
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2.	Studi Literatur.....	24
3.3.	Identifikasi Kebutuhan Pengguna	25
3.4.	Pembuatan Desain Awal.....	25
3.5.	Pemilihan dan Penetapan Desain	25
3.6.	Perincian Desain.....	25
3.7.	Analisis Desain Menggunakan Metode Elemen Hingga.....	26
3.8.	Fabrikasi Alat	26
3.9.	Pengujian Alat	26
3.9.1.	Pengujian Ketelitian Geometri Alat	26
3.9.2.	Pengujian Putaran Kritis Poros	26
3.10.	Hasil dan Pembahasan.....	28
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1.	Identifikasi Kebutuhan Pengguna	29
4.2.	Pembuatan Desain Awal.....	30
4.2.1.	Alternatif Desain	30
4.3.	Pemilihan dan Penetapan Desain Alat	31
4.4.	Perincian Desain.....	33
4.4.1.	Perencanaan Jarak Antar Bantalan.....	34
4.5.	Analisis Desain Menggunakan Metode Elemen Hingga.....	36
4.5.1.	Asumsi Pembebanan	36

4.5.2.	Hasil Analisis Rangka Alat	37
4.6.	Fabrikasi Alat	38
4.6.1.	Persiapan Kerja	38
4.6.2.	Proses Pemotongan	40
4.6.3.	Proses Frais	42
4.6.4.	Proses Pembubutan	43
4.6.5.	Proses Penggurdian	44
4.6.6.	Proses Pengelasan	45
4.6.7.	Proses <i>Surface Finishing</i>	46
4.6.8.	Perakitan Non Permanen	47
4.7.	Biaya Produksi	48
4.7.1.	Biaya Pemesinan	48
4.7.2.	Biaya Material	49
4.7.3.	Total Biaya	50
4.8.	Pengujian Alat	50
4.8.1.	Pengujian Ketelitian Geometri Alat	50
4.8.2.	Pengujian Putaran Kritis Poros	52
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1.	Kesimpulan	60
5.2.	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Karakteristik Poros Uji	27
Tabel 3. 2 Data Nilai Teoritis Putaran Kritis	28
Tabel 3. 3 Data Nilai Eksperimen Putaran Kritis.....	28
Tabel 4. 1 Daftar Identifikasi Kebutuhan.....	29
Tabel 4. 2 Alternatif Desain	30
Tabel 4. 3 Varian Desain.....	31
Tabel 4. 4 Parameter Penilaian.....	31
Tabel 4. 5 Penilaian Ideal.....	31
Tabel 4. 6 Penilaian Variasi Desain	32
Tabel 4. 7 Alat yang Digunakan Pada Tahap Fabrikasi.....	38
Tabel 4. 8 Peralatan Keamanan.....	40
Tabel 4. 9 Waktu Proses Pemotongan.....	41
Tabel 4. 10 Waktu Proses Frais.....	42
Tabel 4. 11 Waktu Proses Pembubutan.....	43
Tabel 4. 12 Waktu Proses Penggurdian	44
Tabel 4. 13 Panjang Pengelasan Pada Alat	45
Tabel 4. 14 Waktu Proses <i>Surface Finishing</i>	46
Tabel 4. 15 Proses Perakitan Non Permanen	47
Tabel 4. 16 Total Biaya Pemesinan.....	48
Tabel 4. 17 Biaya Material.....	49
Tabel 4. 18 Data Karakteristik Poros Uji	53
Tabel 4. 19 Nilai Teoritis Putaran Kritis	55
Tabel 4. 20 Nilai Eksperimen Putaran Kritis	55
Tabel 4. 21 Selisih Nilai Putaran Kritis Teoritis dan Eksperimen	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain Alat Uji Putaran Kritis (Iza, 2016).....	4
Gambar 2. 2 Alat Uji Putaran Kritis <i>Rotor Kit Tm620</i> (Selwanis et al., 2017).....	5
Gambar 2. 3 Pengujian Putaran Kritis pada Poros (Dixit et al., 2019)	6
Gambar 2. 4 <i>Whirling Shaft Apparatus - Engineering Lab Equipment</i>	6
Gambar 2. 5 Konfigurasi Alat Uji Putaran Kritis Poros (Iza, 2016).....	7
Gambar 2. 6 Diagram benda bebas pada poros berputar (Iza, 2016).....	13
Gambar 2. 7 <i>First Mode of Whirl</i> (Takle, 2014)	15
Gambar 2. 8 <i>Second Mode of Whirl</i> (Takle, 2014)	15
Gambar 2. 9 Klasifikasi Proses Manufaktur (Groover, 2010)	18
Gambar 2. 10 Sistem Pemotongan Tegak	19
Gambar 2. 11 Sistem Pemotongan Miring	19
Gambar 2. 12 Operasi Pembubutan	20
Gambar 2. 13 Sambungan T.....	21
Gambar 2. 14 Butt Joint	22
Gambar 2. 15 Lap Joint.....	22
Gambar 2. 16 <i>Corner Joint</i>	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4. 1 Sketsa Alat Uji Putaran Kritis Poros	32
Gambar 4. 2 Desain Alat Uji Putaran Kritis Poros	33
Gambar 4. 3 Nilai <i>Safety Factor</i> Pada Rangka	37
Gambar 4. 4 Hasil Tegangan <i>Von Mises</i> Pada Rangka.....	37
Gambar 4. 5 Proses Pemotongan menggunakan <i>Cut-off Saw</i>	42
Gambar 4. 6 Proses Frais Menggunakan Mesin <i>Turret Milling</i>	43
Gambar 4. 7 Proses Pembubutan Menggunakan Mesin Bubut.....	44
Gambar 4. 8 Proses Pengelasan	45
Gambar 4. 9 Proses <i>Surface Finishing</i>	46
Gambar 4. 10 Perakitan Non Permanen	47
Gambar 4. 11 Grafik Kesejajaran Rangka	51
Gambar 4. 12 Pengukuran Kesejajaran Rangka.....	51

Gambar 4. 13 Pengukuran Ketegaklurusan Rangka	52
Gambar 4. 14 Nilai Teoritis Putaran Kritis Poros	56
Gambar 4. 15 Nilai Putaran Kritis Pada Material ST41.....	57
Gambar 4. 16 Nilai Putaran Kritis Pada Material SS201	57
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Nilai Teoritis dan Eksperimen Putaran Kritis Poros.....	58