



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN ALAT OPTIMALISASI SPIDOL
MENGUNAKAN TEKNOLOGI *CENTRIFUGAL***

PROYEK AKHIR

RIZZA NURUL AFFAN

40040222650023

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JULI 2026**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN ALAT OPTIMALISASI SPIDOL
MENGUNAKAN TEKNOLOGI *CENTRIFUGAL***

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

RIZZA NURUL AFFAN

40040222650023

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JULI 2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : RIZZA NURUL AFFAN

NIM : 40040222650023

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Affan', written in a cursive style.

Tanggal : 12 JULI 2026

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembalak Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 529/PA/RPM/II/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Rizza Nurul Affan
NIM : 40040222650023
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Alat Optimalisasi Spidol Menggunakan
Teknologi *Centrifugal*
Dosen Pembimbing : Alaya Fadllu Hadi M, S.T., M.Eng.
NIP : 198509272012121002

Isi Tugas:

1. Merancang Alat Optimalisasi Spidol
2. Membuat Alat Optimalisasi Spidol
3. Menguji Alat Optimalisasi Spidol
4. Membuat laporan
5. Membuat HKI prototipe
6. Membuat *draft* artikel

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 03 Juni 2026
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Petancangan Mekanik

Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609132003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Rizza Nurul Affan

NIM : 40040222650023

Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Alat Optimalisasi Spidol Menggunakan
Teknologi *Centrifugal*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

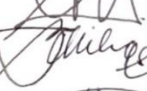
TIM PENGUJI

Pembimbing : Alaya Fadllu H.M. , S. T.,M.Eng.

Penguji 1 : Alaya Fadllu H.M. , S. T.,M.Eng.

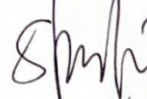
Penguji 2 : Bambang Setyoko, S.T., M.Eng.

Penguji 3 : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes.

()
()
()

Semarang, 16 Juli 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizza Nurul Affan
NIM : 40040222650023
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberika kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Rancang Bangun Alat Optimalisasi Spidol Menggunakan Teknologi Centrifugal”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 12 Juli 2026

Yang menyatakan



Rizza Nurul Affan

MOTTO

*“Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar.”
(QS. Al-Baqarah: 153)*

*“Persyaratan yang pertama adalah percaya, percaya, percaya, Persyaratan yang
kedua Lihat syarat pertama”
(FSTVLST - Syarat)*

*“Menuntaskannya meski harus terbata-bata menuntaskan cerita meski tak selalu
indah rimanya”
(FSTVLST - Pratuntas)*

*“Luangkan waktu ‘tuk berpikir, jangan pernah mudah tersindir, nanti engkau akan
tersingkir”
(The Adams - Pelantur)*

*“Tiada hal yang tak mungkin, abaikan mustahil”
(MORFEM – Jungkir Balik)*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Rancangan Bangun Mesin Optimalisasi Spidol Berbasis Teknologi Centrifugal”.

Penyusunan laporan proyek akhir ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Dr. Sri Utami Handayani, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
3. Bapak Alaya Fadlu HM, S. T.,M.Eng., selaku dosen pembimbing atas bimbingan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan proposal Proyek Akhir.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik.
5. Kedua orang tua serta keluarga yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan.
6. Teman-teman angkatan 2022 (IRYASENA) Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 15 Juli 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rizza' followed by a stylized flourish.

Rizza Nurul Affan

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT OPTIMALISASI SPIDOL MENGUNAKAN TEKNOLOGI *CENTRIFUGAL*

Spidol papan tulis sering mengalami penurunan performa akibat distribusi tinta yang tidak merata pada media penyerap (*felt*), sehingga tinta tidak mengalir optimal menuju ujung spidol. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji Alat Optimalisasi Spidol Menggunakan Teknologi Centrifugal untuk mengembalikan distribusi tinta sehingga meningkatkan kinerja spidol. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan mekanik dan kelistrikan, perhitungan teknis, proses manufaktur, serta pengujian eksperimental. Alat yang dikembangkan memiliki dimensi 520 mm × 605 mm × 103 mm, menggunakan motor kipas AC 220 V berdaya 35 W, dan mampu mengoptimalkan 8 spidol dalam satu proses. Pengujian dilakukan pada dua kecepatan putar, yaitu 568,3 rpm (*Speed 1*) dan 673,3 rpm (*Speed 2*). Pengujian pendahuluan digunakan untuk menentukan parameter pengujian, kemudian dilakukan pengujian pengaruh waktu pemutaran dan volume tinta terhadap panjang garis sebagai indikator performa spidol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa volume tinta 0,3 mL memberikan distribusi tinta yang stabil. Waktu optimum diperoleh pada 240 detik untuk *Speed 1* dengan rata-rata panjang garis 2.700 cm, dan 60 detik untuk *Speed 2* dengan rata-rata 3.500 cm. Pemutaran melebihi waktu optimum menyebabkan fenomena *ink flooding* yang menurunkan performa spidol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu mengembalikan distribusi tinta secara efektif dan meningkatkan kinerja spidol.

Kata kunci: spidol, gaya sentrifugal, distribusi tinta

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MARKER OPTIMIZATION TOOL USING CENTRIFUGAL TECHNOLOGY

Whiteboard markers often experience performance degradation due to uneven ink distribution within the felt reservoir, preventing ink from flowing properly to the marker tip. This study aimed to design, fabricate, and evaluate a Centrifugal Technology-Based Marker Optimization Device to restore ink distribution and improve marker performance. The research method included literature review, mechanical and electrical design, technical calculations, manufacturing, and experimental testing. The developed device has dimensions of 520 mm × 605 mm × 103 mm, uses a 220 V AC fan motor with a power rating of 35 W, and accommodates eight markers in a single operation. Performance testing was conducted at two rotational Speeds: 568.3 rpm (Speed 1) and 673.3 rpm (Speed 2). Preliminary tests were performed to determine the appropriate testing parameters, followed by evaluations of spinning time and ink volume based on the writing length produced. An ink volume of 0.3 mL was selected as the optimum condition for stable ink distribution. The optimum spinning time was 240 s for Speed 1, producing an average writing length of 2,700 cm, and 60 s for Speed 2, producing 3,500 cm. Increasing ink volume improved writing performance, whereas excessive spinning time caused ink flooding, reducing writing length. The results demonstrate that the proposed device effectively restores ink distribution and improves the performance of used whiteboard markers.

Keywords: *marker, centrifugal force, ink distribution*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
SURAT TUGAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Luaran	4
1.6 Sistematika Penulisan Proposal	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Dasar Teori	6
2.1.1 Prinsip Kerja Gaya Centrifugal	8
2.2 Kriteria Perancangan.....	9
2.3 Spidol dan Permasalahan Penggunaannya.....	10
2.4 Kerangka Teori	11
2.5 Pemanfaatan Gaya Centrifugal untuk Distribusi Cairan.....	11
2.6 Penelitian dan Inovasi Terkait	12
BAB III METODOLOGI	14
3.1 Diagram Alir	14
3.2 Studi Literatur	16
3.3 Kerangka Konsep Desain.....	16
3.4 Desain Mesin Optimalisasi Spidol Berbasis Teknologi Centrifugal ..	17
3.5 Perhitungan Teknis	32
3.5.1 Data Perancangan	32
3.5.2 Perhitungan Kecepatan Sudut.....	33
3.5.3 Perhitungan Massa Total	33
3.5.4 Perhitungan Gaya Sentrifugal.....	34
3.5.5 Perhitungan Momen Inersia	34
3.5.6 Perhitungan Torsi	35
3.5.7 Perhitungan Daya	37

3.5.8 Momen Inersia Polar Poros	39
3.5.9 Perhitungan Momen Inersia	39
3.5.10 Perhitungan Torsi dan Daya	42
3.5.11 Perhitungan Momen Inersia Polar Poros	46
3.5.12 Perhitungan Tegangan Puntir	46
3.6 Persiapan Manufaktur	47
3.7 Manufaktur Alat.....	50
3.7.1 Persiapan Desain Komponen.....	50
3.7.2 Pembuatan Komponen Menggunakan 3D Printing.....	51
3.7.3 Proses Perakitan Alat.....	52
3.7.4 Peralatan Manufaktur	53
3.8 Pengujian Alat.....	53
3.8.1 Alat dan Bahan Pengujian	53
3.8.2 Variabel Bebas.....	55
3.8.3 Variabel Terikat.....	56
3.8.4 Variabel Kontrol	56
3.9 Evaluasi Kriteria	56
3.10 Pengambilan Data	57
3.11 Analisis Data.....	60
3.12 Penyusunan Laporan.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	62

4.1 Hasil Rancang Bangun Alat.....	62
4.1.1 Hasil Fabrikasi Alat.....	62
4.1.2 Hasil Fabrikasi Dudukan Penahan Spidol	65
4.1.3 Pengujian Fungsional Alat	66
4.2 Data Hasil Pengujian Alat.....	66
4.2.1 Data Pengaruh Waktu Terhadap Kinerja Spidol <i>Speed</i> 1.....	67
4.2.2 Data Pengaruh Waktu Terhadap Kinerja Spidol <i>Speed</i> 2.....	68
4.2.3 Data Pengaruh Volume Tinta Terhadap Kinerja Spidol <i>Speed</i> 1 .	69
4.2.4 Data Pengaruh Volume Tinta Terhadap Kinerja Spidol <i>Speed</i> 2 ..	69
4.3 Analisis dan Pembahasan.....	70
4.3.1 Pengaruh Waktu terhadap Kinerja Spidol <i>Speed</i> 1.....	70
4.3.2 Pengaruh Waktu terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed</i> 2	72
4.3.3 Pengaruh Volume Tinta terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed</i> 1 ...	74
4.3.4 Pengaruh Volume Tinta terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed</i> 2 ...	75
4.3.5 Karakteristik Distribusi Tinta Pada Spidol.....	76
4.3.6 Analisis Fenomena Ink Flooding.....	72
BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Perancangan	32
Tabel 3. 2 Spesifikasi Motor listrik AC	47
Tabel 3. 3 Tabel Peralatan Proses Manufaktur	53
Tabel 3. 4 Tahapan Pengujian.....	59
Tabel 4. 1 Komponen Material dan Fungsi	63
Tabel 4. 2 Pengujian Fungsional Alat.....	66
Tabel 4. 3 Data Pengujian <i>Speed</i> 1	67
Tabel 4. 4 Data Pengujian <i>Speed</i> 2	68
Tabel 4. 5 Data Pengujian Variasi Volume Tinta <i>Speed</i> 1	69
Tabel 4. 6 Data Pengujian Variasi Volume Tinta <i>Speed</i> 2	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Gaya Centrifugal.....	9
Gambar 3. 1 Mesin Opimalisasi Spidol Berbasis Teknologi Centrifugal	28
Gambar 3. 2 Rangka Mesin	29
Gambar 3. 3 Desain Dudukan.....	30
Gambar 3. 4 Desain Tutup Pengaman	31
Gambar 3. 5 Motor Listrik AC	31
Gambar 3. 6 Poros Pemutar	32
Gambar 3. 7 Sketsa Gaya <i>Centrifugal</i>	34
Gambar 3. 8 Sketsa Torsi.....	35
Gambar 3. 9 Motor listrik AC.....	47
Gambar 3. 10 Speed Control.....	48
Gambar 3. 11 Kabel Power.....	48
Gambar 3. 12 Microswitch	49
Gambar 3. 13 Rangkaian Sistem Safety Microswitch	49
Gambar 3. 14 Mesin 3D Printing.....	51
Gambar 3. 15 Obeng	52
Gambar 3. 16 Mur dan Baut	52
Gambar 3. 17 Spidol Kosong.....	53
Gambar 3. 18 Busa Spidol Baru	54
Gambar 3. 19 Ujung Spidol Baru	54
Gambar 3. 20 Suntikan 1 ml	54
Gambar 3. 21 Penggaris 100 cm.....	55

Gambar 3. 22 Whitebord	55
Gambar 3. 23 Alur Pengambilan Data.....	57
Gambar 4. 1 Hasil Fabrikasi Alat	63
Gambar 4. 2 Dudukan Penahan Spidol	65
Gambar 4. 3 Pengaruh Waktu Pemutaran terhadap kinerja Spidol pada <i>Speed 1</i>	70
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Waktu Pemutaran terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed 2</i>	72
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Volume Tinta terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed 1</i>	74
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Volume Tinta terhadap Kinerja Spidol pada <i>Speed 2</i>	75
Gambar 4. 7 Karakteristik Distribusi Tinta Pada Spidol	78
Gambar 4. 8 Fenomena <i>Ink Flooding</i>	73

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul (Halaman)
(F _c)	Gaya sentrifugal (N)	7
(m)	Massa (kg)	7
(ω)	Kecepatan sudut (rad/s)	7
(r)	Jari-jari atau radius efektif (m)	7
(n)	Kecepatan putar (rpm)	33
(m _r)	Massaudukan spidol (kg)	33
(m _s)	Massa spidol (kg)	33
(m _t)	Massa total sistem (kg)	33
(I)	Momen inersia (kg·m ²)	35
(α)	Percepatan sudut (rad/s ²)	36
(T)	Torsi (N·m)	36
(P)	Daya (W)	37
(J)	Momen inersia polar poros (m ⁴)	38
(d)	Diameter poros (m)	38
(c)	Jari-jari poros (m)	39
(τ)	Tegangan puntir (Pa atau MPa)	39
(D _o)	Diameter luar hub (mm)	32
(D _i)	Diameter lubang poros (mm)	32
(r _h)	Radius luar hub (m)	32
(T _s)	Kekuatan tarik material (<i>Tensile Strength</i>) (MPa)	32
(Σ)	Jumlah/total	32