

**Rancang Bangun dan Analisis Pesawat Atwood untuk Studi Fenomena
Gerak Lurus Berbasis Arduino**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh:

Khairoza Fathur Rahmah

221421015



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Rancang Bangun dan Analisis Pesawat Atwood untuk Studi Fenomena Gerak Lurus Berbasis Arduino

Oleh:

Khairoza Fathur Rahmah

221421015

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 24 Juli 2025

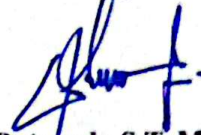
Disetujui,

Pembimbing I,



Metha Islameka, S.Pd., M.T.
NIP. 199604152022032015

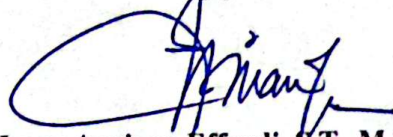
Pembimbing II,



Kevin Putranda, S.T., M.T.
NIP. 199801232024061002

Disahkan,

Penguji I,



Iman Apriana Effendi, S.T., M.T.
NIP. 197504172005011004

Penguji II,



Widya Prapti Pratiwi, S.T., M.T.
NIP. 1990022022032006

Penguji III,



Nia Nuryanti Permata., S.Pd., M.Pd
NIP. 198101082005012003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khairoza Fathur Rahmah
NIM : 221421015
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun dan Analisis Pesawat Atwood untuk Studi Fenomena Gerak Lurus Berbasis Arduino

Menyatakan bahwa:

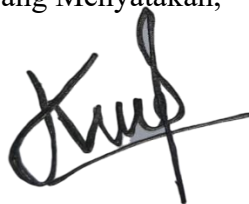
1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 07-07-2025

Yang Menyatakan,



(Khairoza Fathur Rahmah)

ii NIM 221421015

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khairoza Fathur Rahmah
NIM : 221421015
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun dan Analisis Pesawat Atwood untuk Studi Fenomena Gerak Lurus Berbasis Arduino

Menyatakan/menyetujui bahwa:

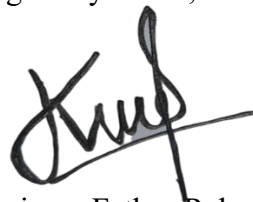
1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 07-07-2025

Yang Menyatakan,



(Khairoza Fathur Rahmah)

NIM 221421015

MOTO PRIBADI

Jangan Pernah Mengatakan Tidak Mungkin Sebelum Mencobanya

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun dan Analisis Pesawat Atwood untuk Studi Fenomena Gerak Lurus Berbasis Arduino”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Fatmawati dan Bapak Bahrul serta abang dan eti yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Pembimbing 1 tugas akhir, Ibu Metha Islameka, S.Pd., M.T. yang telah sabar dan penuh keikhlasan membantu, membimbing dan memberikan motivasi pada penulis hingga bisa bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Pembimbing 2 tugas akhir, Bapak Kevin Putranda, S.T., M.T. yang telah sabar dan penuh keikhlasan membantu, membimbing dan memberikan motivasi pada penulis hingga bisa bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Iman Apriana Effendi, ST., M.T., Ibu Widya Prapti Pratiwi, S.T., M.T. dan Ibu Nia Nuryanti Permata., S.Pd., M.Pd.

5. Para sahabat penulis menemani dan mendengarkan keluh kesah penulis dikala jenuh mengerjakan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan kelas 4 DEC-1 yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta menjadi tempat diskusi sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Pada saat ini, Politeknik Manufaktur Bandung di Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur (*Design Engineering*) memiliki mata kuliah Fisika dan Mekanika Dinamika yang mempelajari tentang gerak benda pembelajaran tersebut dilakukan berbasis teori dengan tambahan praktikum. Dalam mempelajari fenomena gerak benda yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), salah satu alat yang sering digunakan adalah pesawat atwood. Oleh karena itu, alat peraga pesawat atwood perlu dibuat di Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur untuk mempermudah dalam memahami fenomena gerak lurus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis pesawat Atwood sebagai alat bantu pembelajaran studi gerak lurus berbasis arduino. Perancangan alat menggunakan metode perancangan VDI 2222. Rancang bangun alat menghasilkan struktur dengan dimensi 1845mm × 481mm × 481mm yang mendukung kestabilan serta akurasi pengukuran waktu dan jarak. Dengan dilakukan percobaan mendapatkan hasil *error* pengukuran waktu sebesar 0,5225% dan pada pengukuran jarak $\pm 0,05$ cm. Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data yang diperoleh, alat ini mampu menunjukkan fenomena gerak lurus, namun hanya gerak lurus berubah beraturan (GLBB) yang terbukti terjadi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya luar seperti gravitasi, momen inersia dan gesekan sistem katrol. Hasil ini menunjukkan bahwa pesawat atwood berbasis arduino efektif digunakan sebagai alat bantu pembelajaran untuk studi gerak lurus yang akurat.

Kata kunci : Alat peraga, Arduino, Gerak Lurus, Pesawat Atwood, VDI 2222.

ABSTRACT

Currently, the Bandung Manufacturing Polytechnic, in the Department of Design Engineering, offers courses in physics and dynamic mechanics that study the motion of objects. The learning process is carried out based on theoretical approaches complemented with practical sessions. In studying the phenomena of object motion, namely Uniform Linear Motion (GLB) and Uniformly Accelerated Linear Motion (GLBB), one of the commonly used tools is the Atwood machine. Therefore, it is necessary to develop an Atwood machine teaching aid in the Department of Design Engineering to facilitate understanding of linear motion phenomena. This study aims to design and analyze an Atwood machine as a learning aid for the study of linear motion, based on Arduino. The design process uses the VDI 2222 design methodology. The resulting prototype has dimensions of 1845 mm × 481 mm × 481 mm, which supports both stability and measurement accuracy for time and distance. Experimental trials yielded a time measurement error of 0.5225% and a distance measurement error of ±0.05 cm. Based on the experimental results and data analysis, the device is capable of demonstrating linear motion phenomena, though only uniformly accelerated linear motion (GLBB) was observed. This was due to the influence of external forces such as gravitational force, pulley system inertia and friction. These results indicate that the Arduino-based Atwood machine is effective as a teaching aid for accurately studying linear motion.

Key Word: *Atwood Machine, Arduino, Demonstration Tool, Linear Motion, VDI 2222.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xix
BAB I	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-4
I.3 Ruang Lingkup	I-4
I.4 Tujuan	I-5
I.5 Manfaat	I-5
I.6 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II	II-1
II.1 Teori Pendukung Analisis	II-1
II.1.1 Hukum Newton	II-1
II.1.2 Gerak Benda	II-4
II.1.3 Gerak Jatuh Bebas	II-6
II.1.4 Gerak Melingkar.....	II-6

II.1.4 Momen Inersia.....	II-10
II.1.5 Pesawat Atwood	II-11
II.1.7 Penerapan Prinsip Mekanika pada Pesawat Atwood.....	II-18
II.2 Komponen Pesawat Atwood	II-20
II.2.1 Komponen Mekanik	II-20
II.2.2Komponen Elektrik	II-21
II.3 Penelitian Terdahulu.....	II-24
II.4 Analisis Kekuatan Material	II-26
II.5 Metode Perancangan	II-29
BAB III.....	III-1
III.1 Perancangan Pesawat Atwood	III-2
III.1.1 Merencana	III-2
III.1.2 Mengonsep	III-15
III.1.3 Merancang.....	III-31
III.1.4 Penyelesaian.....	III-40
III. 2 Pengadaan/Pembelian Alat dan Bahan.....	III-40
III.3 Pembuatan dan Perakitan	III-40
III.4 Pengujian Alat.....	III-40
III.5 Pengambilan Data, Analisis dan Kesimpulan	III-40
BAB IV	IV-1
IV.1 Perbandingan Perhitungan	IV-1
IV.1.1 Pelat Penahan	IV-1
IV.1.2 Landasan	IV-4
BAB V.....	V-1
V.1 Pengadaan atau Pembelian Bahan.....	V-1
V.2 Pembuatan dan Perakitan	V-2

V.1.1 Pesawat Atwood.....	V-2
V.1.2 Pencatat/Pengukur Waktu	V-5
V.1.3 Biaya Pembuatan.....	V-9
V.3 Pengujian.....	V-10
V.3.1 Skenario Pegujian.....	V-10
V.3.2 Pengujian Gerak dan Akurasi.....	V-11
V.3.3 Pengaplikasian Fenomena GLB pada Sistem	V-15
V.3.3 Pengaplikasian Fenomena GLBB pada Sistem	V-15
V.4 Pengambilan Data dan Validasi Hasil.....	V-17
V.4.1 Data Pengamatan.....	V-17
V.4.2 Validasi Hasil Pengamatan	V-22
V.4.3 Hasil Validasi	V-27
BAB VI.....	VI-1
VI.1 Kesimpulan	VI-1
VI.2 Saran	VI-3
DAFTAR PUSTAKA.....	xxii
LAMPIRAN.....	xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Hasil Wawancara	III-3
Tabel III.2 Daftar Tuntutan	III-13
Tabel III.3 Spesifikasi Pesawat Atwood	III-15
Tabel III.4 Alternatif Fungsi	III-20
Tabel III.5 Morfologi Alternatif Variasi Konsep Kombinasi	III-25
Tabel III.6 Parameter Penilaian.....	III-30
Tabel III.7 Penilaian Aspek Teknis.....	III-30
Tabel III.8 Penilaian Aspek Ekonomis	III-30
Tabel III.9 Penilaian Akhir Variasi Konsep Kombinasi	III-31
Tabel V.1 Proses Pengerjaan	V-3
Tabel V.2 Komponen Sensor	V-5
Tabel V.3 Biaya Pembuatan.....	V-9
Tabel V.4 Waktu Percobaan Akurasi.....	V-14
Tabel V.5 Data Beban GLB	V-17
Tabel V.6 Data Pengamatan GLB.....	V-18
Tabel V.7 Data Beban GLBB	V-18
Tabel V.8 Data Pengamatan GLBB	V-19
Tabel V.9 Dokumentasi Kegiatan Percobaan	V-19
Tabel V.10 Percepatan Hasil Teoritis	V-23
Tabel V.11 Kecepatan Beban Percobaan GLB	V-23
Tabel V.12 Kecepatan Rata-Rata Percobaan GLB	V-23
Tabel V.13 Percepatan Percobaan GLBB	V-25
Tabel V.14 Percepatan Rata-Rata Percobaan GLBB.....	V-25
Tabel V.15 Kecepatan Percobaan GLBB.....	V-25

Tabel V.16 Momen Inersia Hasil Percobaan	V-27
Tabel V.17 Hasil Error dari Hasil Teoritis dan Percobaan	V-28
Tabel VI.1 Rancangan Terpenuhi	VI-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Diagram Batang Persentase Pemahaman vs Jumlah Mahasiswa.....	I-2
Gambar I.2 Pesawat Atwood	I-3
Gambar I.3 Grafik Hubungan Jarak Terhadap Waktu Pada Satu Beban Tambahan (a) Sistem Otomatis (b) Manual.....	I-3
Gambar II.1 Grafik Gerak Lurus Beraturan.....	II-5
Gambar II.2 Gerak Melingkar Beraturan	II-7
Gambar II.3 Perubahan Sudut pada Gerak Melingkar	II-7
Gambar II.4 Gerak Melingkar Dipercepat	II-8
Gambar II.5 Silinder Pejal	II-10
Gambar II.6 Gaya Tegangan pada Tali.....	II-12
Gambar II.7 Cara Kerja Pengujian GLB dan GLBB	II-16
Gambar II.8 Belt Conveyor	II-19
Gambar II.9 <i>Slewing Tower Level Luffing Crane</i>	II-19
Gambar II.10 Besi Hollow	II-20
Gambar II .11 Arduino.....	II-21
Gambar II.12 LED	II-22
Gambar II.13 Kabel Jumper.....	II-23
Gambar II.14 LCD	II-24
Gambar II.15 Contoh Rancangan Pesawat Atwood 1	II-24
Gambar II.16 Contoh Rancangan Pesawat Atwood 2	II-25
Gambar II.17 Diagram Alir VDI 2222.....	II-30
Gambar III.1 Diagram Alir Pesawat Atwood	III-1
Gambar III.2 Pesawat Atwood ITENAS.....	III-8
Gambar III.3 Pesawat Atwood dan Timer Otomatis Berbasis Sensor	III-9

Gambar III .4 Empat buah sensor .	III-10
Gambar III.5 Desain percobaan Pesawat Atwood	III-11
Gambar III.6 Diagram Alir Cara Kerja Pesawat Atwood	III-16
Gambar III.7 <i>Black Box</i> Pesawat Atwood	III-17
Gambar III.8 <i>Glass Box</i> Pesawat Atwood	III-18
Gambar III.9 Diagram Fungsi	III-19
Gambar III.10 Variasi Konsep Kombinasi 1	III-26
Gambar III.11 Stopper dan beban VKK 1	III-26
Gambar III.12 Sistem Pengunci VKK 1	III-27
Gambar III.13 Variasi Konsep Kombinasi 2	III-28
Gambar III.14 Sistem Pengunci, Beban dan stopper VKK 2	III-28
Gambar III.15 Variasi Konsep Kombinasi 3	III-29
Gambar III.16 Stopper dan Beban VKK 3	III-29
Gambar III.17 Sistem Pengunci VKK 3	III-29
Gambar III.18 Tata Letak Awal Pesawat Atwood	III-31
Gambar III.19 Pelat Penahan Pesawat Atwood	III-32
Gambar III.20 DBB Pelat Penahan	III-33
Gambar III.21 Diagram Momen Bending	III-33
Gambar III.22 DBB Tegangan Katrol	III-34
Gambar III.23 Landasan	III-37
Gambar III.24 DBB Landasan	III-38
Gambar III.25 DBB Landasan pada Titik A	III-38
Gambar IV.1 Pelat Penahan	IV-1
Gambar IV.2 Tegangan Normal Pelat Penahan	IV-3
Gambar IV.3 Defleksi Pelat Penahan	IV-3

Gambar IV.4 Beban Maksimum Yang Dapat Ditahan Pelat	IV-4
Gambar IV.5 Pelat Landasan	IV-4
Gambar IV.6 Tegangan Menuju Titik A.....	IV-5
Gambar IV.7 Hasil Grafik Tegangan pada Landasan	IV-6
Gambar IV.8 Hasil Analisis Defleksi Landasan	IV-6
Gambar V.1 Material Hasil Produksi <i>Bending</i> dan <i>Bor</i>	V-1
Gambar V.2 Baut, Mur dan Sebagainya	V-2
Gambar V.3 <i>Adjuster</i> atau Kaki Meja.....	V-2
Gambar V.4 Proses Pengelasan.....	V-3
Gambar V.5 Proses Pengecatan	V-4
Gambar V.6 Perakitan <i>Adjuster</i> pada Landasan	V-4
Gambar V.7 Pemasangan Tiang pada Landasan.....	V-4
Gambar V. 8 Perakitan Bagian Rangka	V-5
Gambar V.9 Skematik Rangkaian.....	V-8
Gambar V.10 Hasil <i>Wiring</i> pada Arduino.....	V-8
Gambar V.11 Hasil <i>Wiring</i> pada LCD.....	V-9
Gambar V.12 Diagram Alir Skenario Pengujian	V-11
Gambar V.13 Diagram Alir Percobaan	V-12
Gambar V.14 Tali Diameter 2mm	V-13
Gambar V.15 Tali Diameter 0.3mm	V-13
Gambar V.16 Skenario Percobaan GLB	V-15
Gambar V.17 Skenario Percobaan GLBB	V-16
Gambar V.18 Grafik s Terhadap t pada Beban Tambahan 25g GLB	V-24
Gambar V.19 Grafik v Terhadap t pada Beban Tambahan 25g GLB.....	V-24
Gambar V.20 Grafik s Terhadap t pada Beban Tambahan 25g GLBB	V-26

Gambar V.21 Grafik v Terhadap t pada Beban Tambahan 25g GLBB	V-26
Gambar V.22 Grafik a Terhadap t pada Beban Tambahan 25g GLBB	V-26
Gambar VI.1 Pesawat Atwood Final	VI-2

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Diri

Lampiran 2 Rubik Penilaian Konsep

Lampiran 3 Diagram Perhitungan

Lampiran 4 Komponen Standar

Lampiran 5 Nota Pembelian dan Pembuatan Alat

Lampiran 6 *Coding* Sensor

Lampiran 7 Modul Pesawat Atwood

Lampiran 8 *Draft*, Gambar Susunan, Gambar Bagian

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Daftar Singkatan	
Singkatan	Keterangan
TA	Tugas Akhir
GLB	Gerak Lurus Beraturan
GLBB	Gerak Lurus Berubah Beraturan
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
M2M	<i>Male to Male</i>
M2F	<i>Male to Female</i>
F2F	<i>Female to Female</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
VDI	<i>Verien Deutsche Ingenieur</i>

Daftar Simbol		
Simbol	Keterangan	Satuan
v	kelajuan atau kecepatan	[m/s]
s	jarak atau perpindahan	[m]
t	waktu yang dibutuhkan	[s]
df	perubahan fungsi kecepatan	[m/s]
dt	perubahan waktu	[s]
a	percepatan	[m/s ²]
v_0/u	kelajuan atau kecepatan awal	[m/s]
v_t	kelajuan atau kecepatan akhir	[m/s]
dv	perubahan fungsi kecepatan	[m/s]
F	gaya	[N]
m	massa benda	[kg]
g	gaya gravitasi	[m/s ²]
y	posisi	[m]
v'	kelajuan atau kecepatan waktu tertentu	[m/s]

Daftar Simbol		
Simbol	Keterangan	Satuan
Δt	selang waktu	[s]
Δv	perubahan kecepatan	[m/s]
a_r	percepatan radial (sentrifugal)	[m/s ²]
a_t	percepatan tangensial	[m/s ²]
θ	sudut dalam radian	[rad]
ω	kecepatan sudut	[rad/s]
α	percepatan sudut	[rad/s ²]
R/r	jari-jari	[m]
ds	perpindahan sepanjang lintasan	[m]
$d\theta$	perubahan sudut	[rad]
PP'	panjang lintasan busur antara dua titik	[m]
I	momen inersia	[kgm ²]
ρ	densitas	[kg/m ³]
m_1	massa benda 1	[kg]
m_2	massa benda 2	[kg]
T_1	tegangan tali 1	[N/m ²]
T_2	tegangan tali 2	[N/m ²]
d	jarak antar titik	[mm]
M_{Maks}	momen bengkok	[Nmm]
M_r	momen tahanan	[Nmm]
P/W	gaya terpusat	[kN]
w	beban merata	[kN]
L	panjang balok	[mm]
δ_{Maks}	defleksi	[mm]
E	modulus elastisitas	[GPa]
I	momen inersia	[mm ⁴]
b	lebar penampang	[mm]
h	tebal penampang	[mm]
σ/σ_{maks}	tegangan bengkok/tegangan bengkok maksimum	[N/mm ²]

Daftar Simbol		
Simbol	Keterangan	Satuan
y	jarak dari sumbu netral ke titik tinjauan	[mm]
c	jarak dari sumbu netral ke titik terluar	[mm]
τ	tegangan geser	[N/mm ²]
V	tegangan geser	[N]
Q	gaya geser	[mm ³]
	momen statis dari area di atas	
s_b	simpangan baku	
\bar{x}	rata-rata	
x_i	nilai data	

BAB I

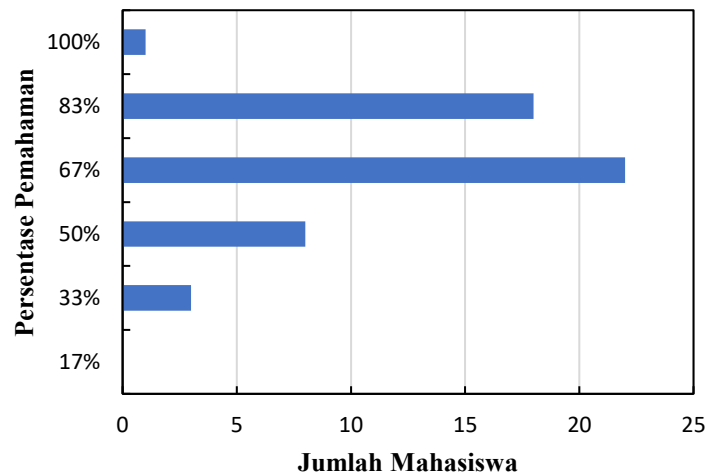
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pembelajaran Fisika dan Mekanika Dinamika di tingkat perguruan tinggi mengalami perkembangan pesat, namun tetap menghadapi tantangan dalam meningkatkan pemahaman konsep gerak benda, khususnya gerak lurus. Gerak lurus memiliki dua bagian yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) yang merupakan dasar dalam Mekanika dan sangat berkaitan dengan dinamika sistem mekanik. GLB adalah gerak benda lintasan lurus dengan kecepatan konstan tanpa percepatan, sedangkan GLBB adalah gerak benda lintasan lurus dengan percepatan tetap yang menyebabkan perubahan kecepatan secara teratur. Pemahaman terhadap hubungan antara kedua jenis gerak ini sangat penting dalam menganalisis penerapan hukum Newton tentang gerak [1], [2].

Pemahaman konsep GLBB khususnya sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik. Contohnya, dalam sistem rem di kendaraan, perlambatan harus dikendalikan secara akurat dan teliti. Dalam dunia industri, mesin konveyor yang mengangkut barang membutuhkan pengaturan percepatan dan perlambatan agar proses produksi berjalan lancar dan aman. Contoh-contoh ini menunjukkan bahwa penerapan konsep GLBB sangat luas dan berpengaruh langsung terhadap kinerja sistem mekanik nyata.

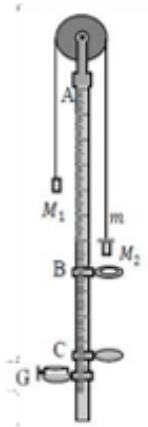
Berdasarkan survei yang dilakukan terhadap mahasiswa di jurusan Teknik Perancangan, Politeknik Manufaktur Bandung pada tingkat 1, 2, dan 3 menyatakan bahwa pemahaman mereka terhadap hubungan antara gaya, massa, kecepatan, percepatan, dan momen inersia masih rendah. Dari total 52 mahasiswa yang mengikuti survei, lebih dari 33 mahasiswa yang menjawab bahwa pemahaman mereka terhadap konsep ini berada di bawah 70%. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan untuk menghubungkan teori dengan eksperimen secara langsung.



Gambar I.1 Diagram Batang Persentase Pemahaman vs Jumlah Mahasiswa

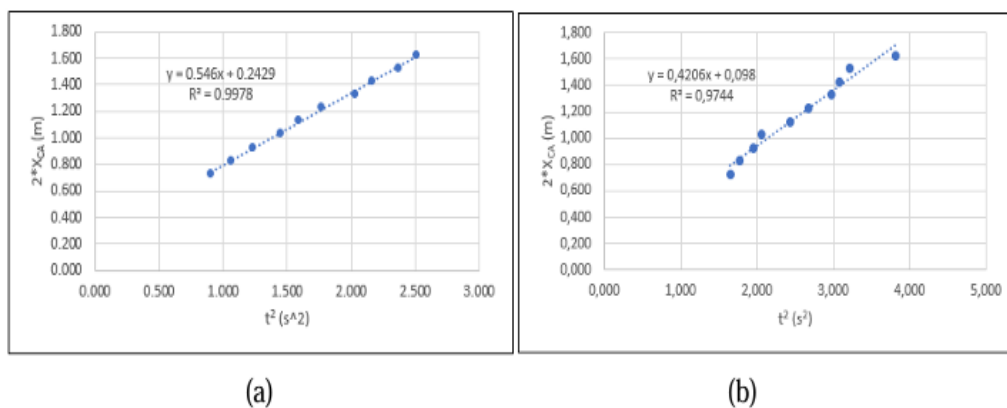
Gambar I.1 menunjukkan diagram batang yang menggambarkan jumlah mahasiswa dengan tingkat pemahaman, yang memperkuat kesimpulan bahwa materi ini masih sulit untuk dipahami. Salah satu faktor penyebabnya yaitu metode pembelajaran yang masih berbasis teori tanpa adanya tambahan praktikum atau praktik. Di mana tanpa adanya alat peraga yang mendukung, mahasiswa kesulitan menghubungkan konsep teori dengan aplikasinya dalam sistem mekanik yang nyata [3].

Salah satu alat yang sering digunakan dalam mempelajari gerak benda adalah pesawat atwood yang ditunjukkan pada Gambar I.2, yaitu perangkat yang memungkinkan analisis terhadap kecepatan, percepatan, dan gaya. Namun, saat ini di Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur Politeknik Manufaktur Bandung, Pesawat Atwood belum tersedia dalam bentuk apapun. Mahasiswa hanya dapat memahami konsep gerak melalui teori dan eksperimen sederhana yang tidak memberikan hasil pengukuran yang lebih baik. Tanpa adanya alat ini dapat menghambat mahasiswa dalam memahami hubungan antara gaya, massa, kecepatan, percepatan, dan momen inersia secara praktis dan mendalam.



Gambar I.2 Pesawat Atwood [4]

Selain itu, desain pesawat atwood yang digunakan saat ini masih mengandalkan pencatatan waktu secara manual. Didapatkan dalam beberapa penelitian terdahulu, memberikan penjelasan bahwa penggunaan pencatat waktu manual atau masih menggunakan *stopwatch* menyebabkan ketidakakuratan dalam pengukuran kecepatan dan percepatan [5].



Gambar I.3 Grafik Hubungan Jarak Terhadap Waktu Pada Satu Beban Tambahan (a) Sistem Otomatis (b) Manual [3]

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar I.3, grafik hubungan jarak terhadap waktu yang dihasilkan dengan sistem otomatis lebih stabil dibandingkan dengan pengambilan data secara manual yang masih fluktuatif atau tidak teratur data. Oleh karena itu, solusi yang diberikan dalam penelitian ini berupa pengembangan pesawat atwood berbasis Arduino dan sensor inframerah untuk mencatat waktu secara otomatis dengan lebih presisi [3].

Sensor inframerah akan digunakan untuk mendeteksi pergerakan benda secara lebih akurat, sehingga kesalahan akibat pencatatan manual dapat diminimalkan. Selain itu, sistem ini juga akan dirancang agar lebih efisien dan mudah digunakan dalam praktikum. Dalam penelitian ini, juga akan dikembangkan mekanisme pemberhentian beban untuk meningkatkan ketepatan dalam eksperimen atau percobaan.

Dengan adanya pengembangan ini, diharapkan mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang gerak lurus melalui pengamatan langsung yang lebih akurat. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran Fisika, khususnya dalam mata kuliah Fisika dan Mekanika Dinamika. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penyediaan alat peraga yang inovatif dan meningkatkan kualitas pendidikan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun pada pesawat atwood berbasis arduino dan sensor inframerah?
2. Bagaimana analisis fenomena gerak lurus pada pesawat atwood?

I.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk ruang lingkup permasalahan sebagai berikut:

1. Pesawat atwood yang dirancang untuk menambah pemahaman tentang hukum Newton, gerak lurus beraturan (GLB), gerak lurus berubah beraturan (GLBB).
2. Merancang komponen mekanik dari pesawat atwood yaitu katrol, beban dan tali.
3. Membuat gambar kerja dan spesifikasi teknis untuk setiap komponen.

4. Melakukan proses manufaktur dan perakitan komponen-komponen tersebut menjadi satu kesatuan alat yang berfungsi.

I.4 Tujuan

Tujuan penelitian/tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun pesawat atwood yang digunakan untuk studi Fisika dan Mekanika Dinamika, khususnya untuk studi gerak lurus.
2. Menganalisis fenomena gerak lurus pada pesawat atwood yang telah dirancang dalam memfasilitasi pemahaman tentang konsep gerak lurus.

I.5 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini diantaranya:

1. **Manfaat Akademik**
Penelitian memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran Fisika dalam memahami fenomena gerak lurus. Dengan rancangan dan analisis Pesawat Atwood berbasis Arduino lebih mudah memvisualisasikan konsep kinematika secara langsung melalui eksperimen berbasis teknologi.
2. **Manfaat Teknologi**
Dengan adanya Arduino dan sensor inframerah, penelitian memberikan inovasi dalam alat praktikum Fisika yang lebih modern. Sistem yang diterapkan memungkinkan pencatatan data yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional.
3. **Manfaat Pendidikan**
Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan alat peraga. Dengan alat ini dapat memahami konsep gerak lurus melalui pendekatan praktis dan dapat meningkatkan pemahaman mereka terhadap teori yang diajarkan.

I.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum tentang isi penelitian ini, disajikan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka dan lampiran yang disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori yang berisi mengenai teori dasar analisis, komponen pesawat atwood, penelitian terdahulu, kekuatan material dan teori metode VDI 2222.

BAB III METODE PENYELESAIAN MASALAH, berisikan langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa perancangan alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisikan perbandingan dari hasil perhitungan teoritis dan analisis pada perancangan.

BAB V PEMBUATAN DAN PERCOBAAN, berisikan gambaran pembuatan alat dan percobaan yang dilakukan yang menghasilkan data kesimpulan sebagai validasi.

BAB VI PENUTUP, berisikan kesimpulan yang didapatkan sebagai jawaban dari rumusan masalah dan tujuan awal penelitian serta pemaparan mengenai kritik dan saran perbaikan maupun kajian lanjut dari penelitian yang telah dilakukan.