BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sains dan teknologi pada dekade terakhir telah menjadikan otomatisasi sistem instrumentasi sebagai kebutuhan esensial dalam eksperimen fisika guna meningkatkan akurasi dan efisiensi pengambilan data. Salah satu fenomena fundamental yang sering dianalisis adalah osilasi teredam (*damped oscillation*), di mana energi mekanik sistem terdisipasi secara bertahap akibat gaya hambat medium. Pengukuran koefisien redaman secara konvensional umumnya masih mengandalkan pengamatan visual dan pencatatan waktu manual menggunakan *stopwatch*. Pendekatan tersebut memiliki presisi yang rendah karena sangat rentan terhadap kesalahan paralaks dan subjektivitas pengamat, khususnya ketika eksperimen dilakukan dalam medium cair. Keterbatasan ini sejalan dengan pernyataan Halliday, Resnick, and Walker (2014) bahwa metode pengukuran manual dalam eksperimen mekanika berisiko menghasilkan ralat yang signifikan akibat jeda waktu reaksi manusia serta distorsi visual medium.

Sejumlah penelitian terdahulu telah berupaya mendigitalisasi sistem pengukuran redaman osilasi guna mereduksi kelemahan metode manual. Sebagai contoh, Falamy, Herlina, Zakiya, Amrullah, and Rahayu (2025) merancang instrumen pendeteksi posisi beban menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor akselerometer MPU-6050. Pada pendekatan yang berbeda, Silahooy, Latununuwe, Huliselan, Kesaulya, and Nggolaon (2024) memanfaatkan metode pelacakan optik berbasis video (*video tracker*) yang dipadukan dengan perangkat lunak pencocokan kurva (*curve fitting*) untuk menganalisis kinematika osilator. Berbagai literatur tersebut membuktikan bahwa integrasi sensor elektronika dan metode komputasi mampu mengurangi *human error* dibandingkan pengamatan konvensional.

Meskipun pemanfaatan instrumen digital telah terbukti menekan ralat pengamatan, sejumlah metode yang ada masih menyisakan kendala teknis. Penggunaan sensor akselerometer, misalnya, mengharuskan modul fisik dipasang langsung pada beban pegas; akibatnya, kabel sensor yang ikut berayun berpotensi memodifikasi dinamika gerak dan menambah massa sistem secara keseluruhan. Sementara itu, metode optik seperti pelacakan video maupun sensor ultrasonik sangat rentan terhadap gangguan dari medium eksperimen. Sinyal ultrasonik tidak dapat merepresentasikan osilasi dengan akurat apabila beban direndam dalam cairan karena perambatan gelombangnya terdistorsi oleh riak permukaan cairan. Untuk mengatasi kendala tersebut, metode penginderaan medan magnetik menggunakan sensor *Tunneling Magnetoresistance* (TMR) menawarkan keunggulan yang lebih reliabel. Sensor TMR mampu melacak posisi beban secara *non-contact* dengan sensitivitas tinggi, serta sama sekali tidak dipengaruhi oleh viskositas maupun kepekatan optik dari medium cair (Chuang, Tsai, & Hsu, 2021; NVE Corporation, 2019).

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Selain keandalan perangkat keras, aspek kebaruan dari penelitian ini terletak pada tingkatan otomasi pengolahan data. Pada metode pelacakan video (Silahooy dkk., 2024), alur analisis masih bergantung pada intervensi manual peneliti; mulai dari perekaman video, pelacakan posisi beban dari bingkai ke bingkai (*frame-by-frame*), hingga pengeksporan data ke perangkat lunak eksternal untuk melakukan regresi linear. Selain itu, metode optik umumnya dibatasi oleh kecepatan cuplikan kamera standar yang hanya berkisar 30 hingga 60 *frame* per detik (fps), sehingga kurang optimal untuk merekam dinamika osilasi secara rapat. Kondisi ketergantungan *software* eksternal serupa juga dijumpai pada sistem berbasis akselerometer (Falamy dkk., 2025) yang memanfaatkan program akuisisi (PLX-DAQ) sekadar untuk menyimpan data mentah, tanpa kemampuan untuk mengekstraksi nilai koefisien redaman secara langsung. Merujuk pada gagasan otomasi eksperimen fisika (Hidayat & Supriyadi, 2023), penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem instrumentasi otomatis (*end-to-end automation*). Perangkat lunak yang dikembangkan pada sistem ini tidak hanya berfungsi untuk mengakuisisi data dengan frekuensi cuplikan tinggi (mencapai 500 Hz), melainkan juga mengeksekusi penapisan derau, mengekstraksi nilai puncak amplitudo, serta menghitung regresi linear secara mandiri tanpa memerlukan kalkulasi manual tambahan dari peneliti.

Oleh karena itu, sistem pengukuran berbasis sensor TMR dan komputasi otomatis ini dirancang untuk mengatasi berbagai kendala pada eksperimen osilasi teredam. Penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan pengukuran di berbagai medium fluida. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Koefisien Redaman Osilasi Pegas dalam Medium Udara, Air, dan Minyak Berbasis Sensor *Tunneling Magnetoresistance* (TMR)".

1.2 Rumusan Masalah

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem perangkat keras dan perangkat lunak berbasis sensor TMR untuk mengakuisisi sinyal osilasi teredam pada sistem pegas-massa?

2. Bagaimana mengembangkan algoritma perangkat lunak untuk mengolah data sinyal secara otomatis hingga mendapatkan nilai koefisien redaman?

3. Bagaimana pengaruh perbedaan viskositas medium (udara, air, dan minyak) dan variasi massa terhadap koefisien redaman yang diukur menggunakan sistem tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan sistem pengukuran osilasi teredam *non-contact* yang terintegrasi menggunakan sensor magnetik TMR.
2. Mengembangkan perangkat lunak yang mampu melakukan penyaringan sinyal, ekstraksi fitur (puncak dan periode), dan estimasi koefisien redaman secara otomatis.
3. Menganalisis pengaruh medium eksperimen (udara, air, dan minyak) dan variasi massa beban terhadap koefisien redaman osilasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sensor medan magnet yang digunakan terbatas pada modul TMR tipe ALT023-10E-EVB04.
2. Mikrokontroler yang digunakan sebagai unit akuisisi data adalah Arduino Uno R3 yang dipadukan dengan modul ADC eksternal ADS1115 (16-bit).
3. Medium eksperimen dibatasi pada udara (ruangan), air, dan minyak goreng kelapa sawit komersial pada suhu kamar.
4. Massa beban divariasikan dalam lima tingkatan (sekitar 70 g hingga 110 g), dengan asumsi bahwa nilai viskositas fluida tetap konstan selama eksperimen berlangsung.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. **Manfaat Akademis:** Memberikan referensi desain sistem instrumentasi eksperimen fisika modern yang mampu meminimalkan kesalahan paralaks dan *human error* pada praktikum osilasi mekanik di tingkat universitas.
2. **Manfaat Teknologi:** Membuktikan keandalan dan kapabilitas sensor TMR sebagai alternatif sensor jarak dan posisi (*non-contact*) yang berkinerja tinggi dalam lingkungan medium fluida cair.
3. **Manfaat Praktis:** Menghasilkan perangkat lunak pengolahan sinyal terotomasi yang dapat mempercepat proses analisis data mentah hingga penyusunan laporan akhir, sehingga menghemat waktu evaluasi eksperimen.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini disusun menjadi lima bab utama untuk memberikan gambaran yang utuh dan terstruktur mengenai alur penelitian. Adapun rincian isi dari setiap bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan landasan awal penelitian yang mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan kajian literatur dan dasar teori yang menopang penelitian. Topik yang dibahas meliputi mekanika osilasi teredam, dinamika gaya hambat fluida viskos, prinsip kerja sensor *Tunneling Magnetoresistance* (TMR), serta teori pengolahan sinyal digital yang relevan untuk pengukuran parameter osilasi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rincian tahapan pelaksanaan eksperimen. Penjelasan mencakup waktu dan tempat penelitian, rincian alat dan bahan, perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak yang dibangun, alur algoritma komputasi, serta prosedur kalibrasi dan pengambilan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil pengujian sistem instrumentasi pada medium udara, air, dan minyak. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif dan pembahasan mendalam mengenai akurasi sistem, pengaruh viskositas medium, serta korelasi variasi massa terhadap laju redaman osilasi yang direkam oleh sensor TMR.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan akhir dari seluruh rangkaian penelitian yang secara langsung menjawab rumusan masalah. Selain itu, bab ini juga memuat saran dan rekomendasi perbaikan untuk membantu pengembangan penelitian serupa di masa yang akan datang.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG