

PENERAPAN *INTERNET OF THINGS* APLIKASI *BLYNK* PADA ALAT BANTU PRAKTIKUM FISIKA HUKUM HOOKE

Safira Adelia Putri¹, Dwi Arnoldi², Adian Aristia Anas³, Syamsul Rizal⁴, Ahmad Zamheri⁵,

Ali Medi⁶, Rachmat Dwi Sampurno⁷

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139, Indonesia

adian1087@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat bantu praktikum Fisika Hukum Hooke yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan *platform Blynk*. Alat ini dirancang untuk mengatasi permasalahan dalam kegiatan praktikum konvensional, seperti ketidakakuratan pengukuran manual, keterbatasan alat, dan kurangnya efisiensi dalam pemantauan data secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga variasi massa 0,2 kg, 0,25 kg, dan 0,3 kg serta tiga diameter pegas 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Data diperoleh melalui dua metode, yaitu pengukuran manual dan pengukuran otomatis berbasis IoT. Hasil menunjukkan bahwa alat bantu praktikum berbasis IoT mampu menampilkan data secara akurat dan *real-time*, serta memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dengan rata-rata ketelitian mencapai di atas 95%. Analisis statistik dengan ANOVA menunjukkan bahwa variabel massa dan diameter pegas berpengaruh signifikan terhadap nilai konstanta pegas ($p < 0,05$). Dengan demikian, alat bantu praktikum berbasis IoT ini dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemudahan pemantauan praktikum Hukum Hooke, serta memberikan alternatif pembelajaran fisika yang interaktif bagi mahasiswa.

Kata kunci : hukum hooke, internet of things, blynk, anova.

Abstract

This research aims to design and develop a physics laboratory tool for Hooke's Law experiments integrated with Internet of Things (IoT) technology using the Blynk platform. The tool is designed to address issues commonly found in conventional laboratory practices, such as inaccurate manual measurements, limited equipment availability, and inefficient real-time data monitoring. Testing was conducted using three different masses (0.2 kg, 0.25 kg, and 0.3 kg) and three spring diameters (1 cm, 1.5 cm, and 2 cm). Data were collected using both manual measurements and automated IoT-based readings. The results indicate that the IoT-based laboratory tool provides accurate, real-time data with a high level of precision, achieving an average accuracy rate above 95%. Statistical analysis using ANOVA shows that both mass and spring diameter significantly affect the spring constant values ($p < 0.05$). Therefore, the IoT-based Hooke's Law experimental tool proves to be effective in enhancing the efficiency, accuracy, and accessibility of physics experiments. It offers a modern and interactive alternative for students to engage in physics laboratory activities.

Keywords : hooke's law, internet of things, blynk, anova.

PENDAHULUAN

Laboratorium Fisika di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya saat ini tengah mengembangkan peralatan penunjang kegiatan praktikum. Upaya ini dilakukan untuk mendukung mata kuliah Fisika Dasar yang memiliki 2 SKS, terdiri dari 1 SKS teori dan 1 SKS praktikum.

Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa diberikan kesempatan untuk terlibat secara langsung dalam melakukan eksperimen guna memperkuat pemahaman terhadap konsep-konsep Fisika. Fisika sendiri merupakan salah satu cabang dari ilmu pengetahuan alam (IPA) atau sains yang memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan dan kemajuan teknologi suatu bangsa [1]. Salah satu materi dalam Fisika dasar yang umum dipelajari melalui praktikum adalah Hukum Hooke. Hukum

ini, yang diperkenalkan oleh Robert Hooke, menjelaskan hubungan antara gaya yang diberikan pada suatu benda elastis, seperti pegas, dengan kemampuannya untuk kembali ke bentuk semula [2]. Konstanta pegas adalah ukuran gaya yang diperlukan atau yang harus diterapkan agar terjadi perubahan panjang. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI), satuan untuk konstanta pegas adalah N/m atau $kg\ m/s^2$. Gaya pemulihan yang dihasilkan oleh pegas ditentukan melalui Hukum Hooke [3]. Dalam pelaksanaan praktikum Hukum Hooke secara konvensional, mahasiswa sering kali menghadapi kendala dalam pengukuran manual yang tidak akurat, Kendala dalam peralatan, ditambah dengan tantangan untuk mencatat dan menganalisis data secara langsung. Hal ini mengindikasikan perlunya inovasi dalam metode dan alat bantu praktikum.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) sudah banyak dibicarakan, banyak orang masih belum memiliki pemahaman yang mendalam, dan sampai saat ini belum terdapat standar yang disepakati. *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah sistem yang terintegrasi untuk memperbaiki penggunaan koneksi *internet* yang selalu aktif. Kemampuan ini mencakup pertukaran data, pengendalian dari jarak jauh, dan fungsi – fungsi lainnya [4]. Salah satu aplikasi IoT yang bisa digunakan dalam praktikum ini ialah *Blynk*. *Blynk* merupakan sebuah aplikasi yang dapat diakses di platform iOS dan Android, dengan fungsi sebagai pengontrol perangkat seperti *Arduino*, *NodeMCU*, dan *Raspberry Pi* melalui koneksi *internet*. Dengan aplikasi ini, pengguna bisa mengelola perangkat keras, menampilkan data dari sensor, menyimpan informasi, serta melakukan visualisasi dan berbagai fungsi lainnya. [5]. Jadi penerapan IoT sangat bergantung pada pengembang serta perangkat lunak yang digunakan [6]. Oleh karena itu, IoT memungkinkan perangkat untuk bekerja secara mandiri atau memberikan perintah kepada perangkat lain. Hal ini memberikan fleksibilitas dan otomatisasi dalam kegiatan sehari-hari [7].

Penelitian ini merancang sebuah alat bantu praktikum Hukum Hooke dihubungkan dengan teknologi IoT melalui penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler Arduino Uno R3, serta modul ESP32 yang mengirimkan data ke aplikasi *Blynk*. ESP32 digunakan secara langsung dalam pengembangan perangkat berbasis *Internet of Things*, tanpa memerlukan modul tambahan [8]. Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek yang berada di hadapannya [9]. Dalam penelitian ini sensor ultrasonik sangat dibutuhkan untuk mengukur pertambahan panjang pegas, sedangkan data hasil pengukuran ditampilkan secara *real-time* baik

melalui LCD maupun aplikasi *Blynk*. Inovasi ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengukuran, efisiensi praktikum, serta pengalaman belajar mahasiswa.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap alat dengan tiga variasi massa (0,2 kg, 0,25 kg, dan 0,3 kg) serta tiga diameter pegas (1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm). Data diperoleh dari dua metode yaitu manual dan berbasis IoT. Dengan uji Anova (*analysis of variance*) satu arah sebagai Analisis data. ANOVA adalah analisis data statistik yang dirancang sebagai metode dan membandingkan rata-rata dari berbagai kelompok data pada waktu yang sama. Analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah perbedaan yang teramati dalam data disebabkan oleh faktor-faktor tertentu yang sedang diuj seperti perlakuan atau kelompok eksperimen atau hanya merupakan hasil dari variasi acak [10].

Pada penelitian yang dilakukan oleh [11] Wulandari menghasilkan nilai konstanta pegas rata-rata sebesar 59,86 N/m menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler Arduino. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai Hukum Hooke, namun masih dilakukan secara lokal tanpa pemantauan data *real-time*. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh [12] mengembangkan alat peraga gerak harmonik sederhana berbasis Arduino dengan nilai konstanta pegas 5,21 N/m dan kesalahan relatif 4,41%. Penelitian ini menitikberatkan pada akurasi pengukuran periode dan frekuensi, tetapi belum menerapkan IoT untuk pemantauan data *real-time*.

Berdasarkan temuan dari beberapa penelitian sebelumnya, alat praktikum fisika yang masih bersifat manual sering menghadapi berbagai kendala, seperti kurangnya efisiensi dalam pengukuran dan kesulitan dalam pemantauan data secara *real-time*. Selain itu, penggunaan metode manual juga berisiko menimbulkan kesalahan pembacaan data akibat faktor manusia. Untuk menjawab permasalahan tersebut, dilakukan penelitian dan perancangan alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sistem kontrol digital. Alat ini dirancang agar mampu mengukur serta mengirimkan data perubahan panjang pegas secara otomatis ke aplikasi *Blynk*. Dengan bantuan alat praktikum berbasis IoT, mampu mengukur dan mengirimkan data serta perubahan panjang pegas secara otomatis ke aplikasi *Blynk*. Hal ini memungkinkan mahasiswa untuk memantau secara *real-time* melalui *smartphone* dan menyimpan data dengan lebih sistematis. Inovasi ini lebih maju karena mengintegrasikan IoT dan aplikasi *Blynk*, yang secara eksplisit mengatasi masalah kurangnya efisiensi dalam pemantauan data secara *real-time* pada praktikum konvensional. Sebagai pembanding dari penelitian terdahulu, hasil penelitian yang dilakukan oleh [13] masih pada

tahap dasar mikrokontroler (Arduino), sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh [14] adalah analisis konseptual hanya terbatas pada metode konvensional tanpa pengukuran otomatis menggunakan mikrokontroler.

METODE PENELITIAN

Pembuatan alat praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things* ini dilaksanakan di bengkel *Maintenance and Repair* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Dengan rencana pelaksanaan selama 4 (empat) bulan, dimulai dari bulan Maret 2025 sampai dengan Juli 2025. Menggunakan metode pengolahan data kuantitatif eksperimen dengan melihat perbandingan pada setiap sampel ditampilkan atau dimunculkan dalam bentuk grafik. Hasil pengambilan data eksperimen akan diolah dan di analisa untuk mengetahui kinerja alat atau tingkat ketelitian hasil perancangan alat praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things*.

1. Alat dan Bahan

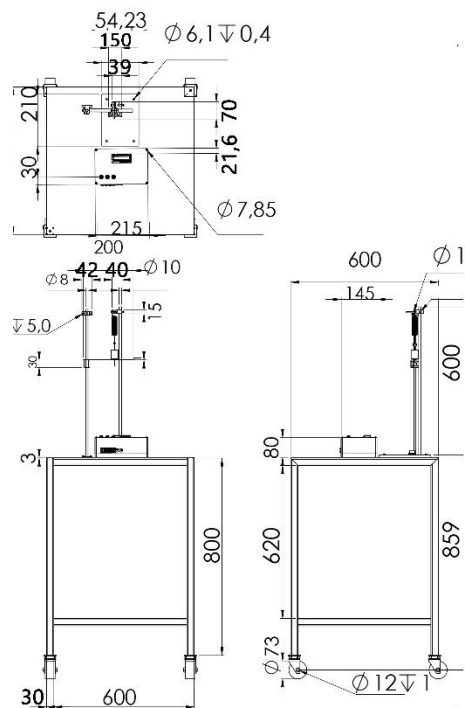
Adapun Alat dan Bahan yang di perlukan untuk pengujian alat praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things* ini sebagai berikut:

Tabel 1 Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Arduino R3	Pegas
Modul Wifi NodeMCU ESP32	Massa
Sensor Ultrasonik HC- SR04	Mistar
Smartphone	Batang Statif

2. Perancangan Alat

Dalam perencanaan pada alat ini, adapun langkah – langkah yang penting yaitu merancang desain dan prinsip kerja alat tersebut. Hal ini dapat mempermudah pemahaman mengenai cara kerja dan fungsi dari alat yang akan dibuat. Berikut merupakan desain 3D dan 2D dari alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things*.



Gambar 1 Desain Alat Praktikum Hukum Hooke Berbasis IoT

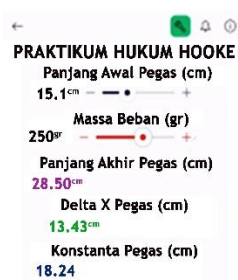
Desain alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis IoT dibuat menggunakan *Solidwork 2022* seperti tampak pada gambar di atas. Rancangan ini terdiri dari beberapa komponen utama dengan fungsi masing-masing. Holder *bracket* digunakan untuk membantu pengukuran gaya dan perubahan panjang pegas, sedangkan klem berfungsi menghubungkan batang statif dengan benda uji. Bearing *slide* blok memudahkan pengaturan tinggi penyangga sesuai panjang pegas. Pegas menjadi objek uji, dan beban berfungsi memberikan gaya tarik. Penyangga akrilik digunakan untuk pengukuran manual, sementara sensor ultrasonik mengukur panjang pegas secara otomatis. Seluruh komponen dipasang di atas meja besi hollow berukuran 60 x 60 cm yang dilengkapi roda agar mudah dipindahkan. Pada bagian elektroniknya meliputi ESP32 sebagai prosesor utama yang terhubung ke aplikasi *Blynk*, Arduino Uno sebagai pengendali sistem, LCD sebagai tampilan hasil pengukuran, serta *push button*, socket DC, dan saklar *on/off* sebagai kontrol *input*. Semua komponen listrik ditempatkan di box elektrikal agar rapi dan aman.

3. Sistem Kerja Alat

Sistem kerja alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things* (IoT) ini dimulai ketika sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur jarak atau perubahan panjang pegas setelah diberi massa beban. Data hasil pengukuran tersebut dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno R3 untuk dihitung nilai

pertambahan panjang (Δx), kemudian digunakan untuk menentukan nilai konstanta pegas (k) dengan rumus Hukum Hooke.

Hasil perhitungan ini selanjutnya dikirim melalui modul WiFi ESP32 ke aplikasi *Blynk* yang terpasang pada smartphone Android, sehingga pengguna dapat memantau data secara *real-time*. Selain melalui aplikasi *Blynk*, informasi mengenai perubahan panjang dan konstanta pegas juga ditunjukkan pada LCD 16x2 yang dipasang pada alat sebagai tampilan lokal. Dengan demikian, alat ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran dan pemantauan praktikum secara akurat, efisien, dan modern, baik secara langsung maupun jarak jauh melalui perangkat mobile.



Gambar 2 Tampilan Data Hasil Percobaan Praktikum Hukum Hooke Di Aplikasi *Blynk*

4. Analisa Data

Saat sebuah pegas mengalami tarikan atau tekanan (dalam kondisi pemakaian) pegas tersebut akan mengalami perpanjangan atau mungkin penyusutan. Namun bila pegas ditarik melebihi batas tertentu maka benda itu tidak akan elastis lagi [15]. Nilai ini dipengaruhi oleh karakteristik fisik pegas, seperti jenis material, diameter kawat, jumlah lilitan, dan ukuran pegas. Penentuan nilai k dapat dilakukan secara eksperimental melalui dua metode, yaitu metode statis (dengan mengukur pertambahan panjang akibat beban tertentu) dan metode dinamis (dengan menganalisis periode getaran pegas dalam sistem osilasi). Oleh karena itu, nilai konstanta pegas dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) berikut:

$$k = \frac{F}{\Delta X} = \frac{m \cdot g}{\Delta X} \dots\dots\dots(1)$$

Mencari rumus pertambahan Panjang (ΔX) sebagai berikut :

$$\Delta X = X_2 - X_1 \dots\dots\dots(2)$$

keterangan:

- k = Nilai Konstanta Pegas (N/m)
- F = Gaya yang diberikan ke Pegas (N)
- g = Gravitasi bumi, 9,81 m/s²
- m = Massa benda (kg)
- X_2 = Panjang akhir pegas (m)

X_1 = Panjang mula – mula pegas (m)
 ΔX = Pertambahan panjang pegas dari posisi normalnya (m)

Penentuan variabel dependen (konstanta pegas) dan perhitungan variabel independen dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode manual (konvensional) di kertas berdasarkan pengukuran pertambahan panjang pegas dan konstanta pegas dan metode digital berbasis IoT yang ditampilkan di aplikasi *Blynk*. Hasil dari kedua perlakuan ini akan dianalisa tingkat ketelitian alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis IoT dan selanjutnya dijelaskan dengan menggunakan kriteria interpretasi persentase [16]. Tabel 2 menunjukkan kriteria persentase yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2 Kriteria Presentase

No.	Persentase	Klasifikasi
1	0% - 20%	Sangat tidak layak
2	21% - 40%	Tidak layak/tidak baik
3	41% - 60%	Cukup layak/cukup baik
4	61% - 80%	Layak/baik
5	81% - 100%	Sangat layak/sangat baik

Pengujian terhadap error juga sangat penting dilakukan saat pengambilan data, dengan tujuan untuk memastikan kelayakan alat yang digunakan pada alat praktikum Hukum Hooke. Persentase *error* hasil perhitungan kecepatan akhir benda uji pada sistem IoT di analisa dengan menggunakan rumus sebagai persamaan (3) berikut ini:

$$\%Error = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_{man} - D_{IoT}}{D_{man}}\right)^2}{n}} \times 100\% \dots (3)$$

keterangan:

- $\%Error$ = persentase *error* alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT
- D_{man} = data perhitungan konstanta pegas (k) dari hasil pengujian manual
- D_{IoT} = data perhitungan konstanta pegas (k) dari hasil pengujian dengan IoT
- n = jumlah data konstanta pegas (k) yang diambil

Berikutnya, Tingkat Ketelitian (TK) alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT di analisa dengan menggunakan persamaan (4) di bawah ini:

$$TK = 100\% - \%Error \dots\dots\dots(4)$$

keterangan:

- TK = Tingkat Ketelitian alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT (satuan %)

Pengujian kedua variabel juga diperlukan untuk mengetahui dan membuktikan pengaruh dari variabel inde penden, massa benda yaitu (X_1) dan diameter pegas (X_2), serta variabel dependen (Y),

yaitu konstanta pegas. Nilai dari F_{hitung} dapat diperoleh dari hasil ANOVA. Sedangkan untuk nilai F_{tabel} didapatkan dari tabel distribusi F dengan signifikansi dengan rumus sebagai persamaan (5) dan persamaan (6) berikut:

$$F_{tabel} = df(N_1) \dots \dots \dots (5)$$

$$df_2 = n - k - 1 \dots \dots \dots (6)$$

keterangan:

n = jumlah data

k = jumlah variabel independen.

Hipotesa dalam penelitian ini antara lain:

1. Apabila nilai signifikansi $< \alpha = 0,05$ atau $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka dinyatakan variabel independen (X) dianggap memiliki pengaruh secara simultan terhadap variabel dependen (Y), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima.
2. Apabila nilai signifikansi $> \alpha = 0,05$ atau $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka dinyatakan variabel independen (X) tidak memiliki dampak secara simultan pada variabel dependen (Y), sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Selanjutnya, untuk mengukur seberapa besar dampak variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen, maka diperlukan uji koefisien determinasi R^2 (R^2) yang berkisar dari 0 sampai 1. Pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dapat dinyatakan kuat apabila Nilai $R^2 > 0,5$ [17].

Tabel 3 Koefisien Korelasi

No.	Koefisien Korelasi	Klasifikasi Korelasi
1	0,00 – 0,199	Sangat rendah
2	0,20 – 0,399	Rendah
3	0,40 – 0,599	Sedang
4	0,60 – 0,799	Kuat
5	0,80 – 1,000	Sangat kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Tingkat Ketelitian Alat Praktikum Hukum Hooke Berbasis IoT

Pada pengujian menggunakan alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT ini, data hasil pengujian berupa pertambahan panjang pegas dan konstanta pegas langsung akan tampil secara online melalui aplikasi *Blynk* di seluler pintar dan *offline* di LCD 16x02 12IC. Di dalam sistem IoT, data pengujian tersebut dihitung melalui baris coding yang sudah diprogram/ditanam di dalam perangkat keras NodeMCU ESP32 berdasarkan data yang dibaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Sedangkan

untuk sistem manual, pertambahan panjang pegas diukur menggunakan mistar.

Tingkat ketelitian alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT dianalisa dengan membandingkan konstanta pegas manual dan IoT dengan pers. (3) dan (4). Variabel independen yang dipakai adalah massa benda dan diameter pegas. Sedangkan, variabel dependen yang di analisa adalah konstanta pegas. Variabel massa sebesar 0,2kg, 0,25 kg, dan 0,3kg dilakukan 3 kali percobaan atau pengulangan pada variabel diameter 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm diambil lalu diambil rata-rata. Jika menggunakan tabel, maka penulisannya seperti pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Hasil Percobaan IoT dan Manual

Massa benda (kg)	Diameter pegas (cm)	Pertambahan panjang pegas, ΔL (cm)		Konstanta pegas, k (N/m)	
		Manual	IoT	Manual	IoT
0,2	1	0,081	0,083	24,20	23,67
		0,080	0,083	24,50	23,72
		0,081	0,083	24,20	23,67
	1,5	0,052	0,052	37,69	37,98
		0,052	0,052	37,69	38,05
		0,053	0,052	36,98	38,05
2	0,067	0,069	29,25	28,53	
	0,067	0,069	29,25	28,44	
	0,068	0,069	28,82	28,44	
0,25	1	0,132	0,134	18,56	18,24
		0,132	0,134	18,56	18,22
		0,131	0,134	18,70	18,22
	1,5	0,066	0,064	37,12	38,16
		0,066	0,064	37,12	38,16
		0,065	0,064	37,69	38,28
2	0,099	0,100	24,75	24,62	
	0,098	0,100	25,00	24,54	
	0,099	0,100	24,75	24,54	
0,3	1	0,187	0,188	15,72	15,66
		0,187	0,188	15,72	15,66
		0,188	0,188	15,64	15,68
	1,5	0,077	0,077	38,18	38,23
		0,078	0,077	37,69	38,23
		0,078	0,077	37,69	38,33
2	0,126	0,127	23,33	23,11	
	0,126	0,127	23,33	23,07	
	0,125	0,127	23,52	23,07	

Tabel 5 Rata-Rata Hasil Percobaan IoT dan Manual

Masa benda (kg)	Diameter pegas (cm)	Pertambahan panjang pegas, ΔL (cm)		Konstanta pegas, k (N/m)	
		Manual	IoT	Manual	IoT
0,2	1	0,081	0,083	24,30	23,69
	1,5	0,052	0,052	37,46	38,03
	2	0,067	0,069	29,11	28,47
0,25	1	0,132	0,134	18,61	18,23
	1,5	0,066	0,064	37,31	38,20
	2	0,099	0,100	24,83	24,57
0,3	1	0,187	0,188	15,69	15,67
	1,5	0,078	0,077	37,86	38,26
	2	0,126	0,127	23,40	23,09

Tabel 6 Tingkat Ketelitian Pengukuran Manual dan IoT

Masa benda (kg)	Diameter pegas (cm)	Error	Tingkat Ketelitian (TK)
0,2	1	2,54%	97,46%
	1,5	1,83%	98,17%
	2	2,27%	97,73%
0,25	1	2,04%	97,96%
	1,5	2,46%	97,54%
	2	1,18%	98,82%
0,3	1	0,34%	99,66%
	1,5	1,28%	98,72%
	2	1,37%	98,63%
Rata-Rata		1,70%	98,30%

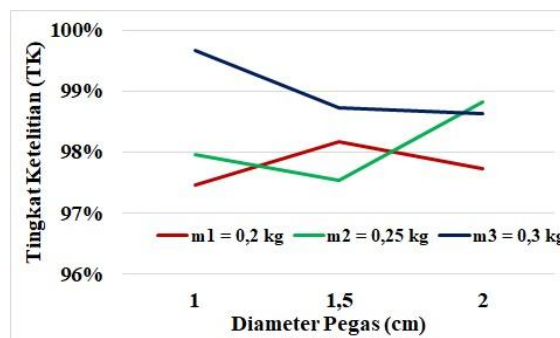
Tingkat ketelitian ini dihitung menggunakan rumus taraf ketelitian. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk salah satu diameter pegas 1 cm masa benda 0,25 kg:

$$\begin{aligned}
 \%Error &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_{man}-D_{IoT}}{D_{man}}\right)^2}{n}} \times 100\% \\
 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{18,56-18,243}{18,56}\right)^2 + \left(\frac{18,56-18,229}{18,56}\right)^2 + \left(\frac{18,70-18,229}{18,70}\right)^2}{3}} \times 100\% \\
 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 0,00029172 + 0,00031805 + 0,00063439}{3}} \times 100\% \\
 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 0,00124416}{3}} \times 100\% \\
 &= \sqrt{0,00041472} \times 100\% \\
 &= 0,0203646 \times 100\% \\
 &= 2,03\%
 \end{aligned}$$

$$TK = 100\% - \%Error$$

$$= 100\% - 2,04\%$$

$$= 97,96\%$$



Gambar 14 Grafik Tingkat Ketelitian

Berdasarkan Gambar 3 di atas, terlihat bahwa setiap variasi massa dan diameter pegas memberikan tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Nilai Error yang muncul sangat kecil, yaitu antara 0,34% sampai 2,54%, dengan tingkat ketelitian yang mencapai 97% hingga 99%. Pada masa benda 0,2 kg, alat menunjukkan hasil paling akurat saat menggunakan pegas berdiameter 1,5 cm, dengan ketelitian sekitar 98%. Untuk masa benda 0,25 kg, ketelitian terbaik muncul pada diameter 2 cm, yaitu 98,82%. Sedangkan pada masa benda 0,3 kg, hasilnya paling akurat pada diameter 1 cm, dengan ketelitian tertinggi mencapai 99,66%. Secara keseluruhan, alat ini memiliki rata-rata ketelitian 98,30% dengan rata-rata error hanya 1,70%. Hasil ini membuktikan bahwa alat bantu praktikum yang dibuat sudah bekerja dengan sangat baik dan mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat. Dengan kata lain, alat ini sudah cukup andal untuk digunakan dalam pembelajaran praktikum Hukum Hooke.

Hasil Analisa Pengaruh Konstanta Pegas Terhadap Masa Benda dan Diameter Pegas

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Masa Benda (kg)	3	0,75	0,25	0,0025
Konstanta Pegas (N/cm)	9	1,727795	0,191977	0,001258838

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,007574956	1	0,007575	5,026277663	0,04884353	4,964603
Within Groups	0,015070707	10	0,001507			
Total	0,022645662	11				

Gambar 15 Uji Anova pengaruh Masa Benda Terhadap Konstanta Pegas

Berdasarkan analisis varians satu faktor, terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik antara data massa benda, m (kg) dan konstanta pegas, k (N/cm). Hal ini terbukti karena Nilai P yang didapatkan ialah 0,04884, lebih kecil dari tingkat signifikansi umum 0,05. Selain itu, Nilai F_{Hitung} sebesar 5,026 juga melebihi Nilai F_{Tabel} sebesar 4,964, memperkuat kesimpulan bahwa perbedaan yang diamati di antara kedua kelompok data tersebut bukan sekadar kebetulan, melainkan perbedaan yang nyata, maka dinyatakan variabel massa benda (X_1) berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen (Y), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Ini menunjukkan bahwa perubahan massa benda (dari 0.20, 0.25, hingga 0.30) secara signifikan mempengaruhi nilai konstanta pegas. Karena nilai Sig. (p -value = 0.048) lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$, kita menolak hipotesis nol.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Diameter pegas, (cm)	3	4,5	1,5	0,25
Konstanta Pegas (N/cm)	9	2,705967	0,300663	0,004

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3,236421	1	3,236421	60,83502	0,000014693	4,964603
Within Groups	0,532	10	0,0532			
Total	3,76842	11				

Gambar 16 Uji Anova pengaruh Diameter Pegas Terhadap Konstanta Pegas.

Berdasarkan hasil analisis varians satu faktor (ANOVA) ini, terdapat perbedaan rata-rata yang sangat signifikan antara kelompok data Diameter Pegas (cm) dan Konstanta Pegas (N/cm). Perbedaan ini terbukti sangat kuat karena Nilai F Hitung kita mencapai angka yang sangat tinggi, yaitu 60,835, jauh melampaui Nilai F Kritis yang hanya 4,964. Lebih jauh lagi, Nilai P yang kita dapatkan adalah 0,000014693. Karena nilai P ini jauh lebih kecil dari ambang batas signifikansi umum 0,05, kita dapat menyimpulkan bahwa perbedaan rata-rata antara kedua kelompok data tersebut bukanlah suatu kebetulan acak, melainkan merupakan efek nyata yang sangat signifikan, maka dinyatakan variabel diameter pegas (X_2) terbukti secara bersamaan memengaruhi variabel dependen (Y), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, disimpulkan bahwa ada perbedaan yang sangat signifikan secara statistik dalam konstanta pegas antar kelompok diameter pegas yang berbeda. perubahan diameter pegas (dari 1.00, 1.50, hingga 2.00) secara signifikan mempengaruhi nilai konstanta pegas. Karena nilai Sig. (p -value = 0.000)

lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha=0.05$, kita menolak hipotesis nol.

Hasil analisis data yang dilakukan pada Gambar 4 dan Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa alat praktikum Hukum Hooke berbasis IoT telah berhasil menerapkan prinsip - prinsip dasar dari Hukum Hooke. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa variabel massa (X_1) dan variabel diameter pegas (X_2) secara signifikan mempengaruhi nilai konstanta pegas (Y). Hal ini mendukung hipotesis bahwa massa dan jenis pegas mempengaruhi karakteristik elastis pegas. Data yang dihasilkan konsisten dengan Hukum hooke, bahwa gaya yang bekerja pada pegas berbanding lurus dengan perubahan Panjang pegas [16].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat bantu praktikum Hukum Hooke berbasis *Internet of Things* (IoT) ini berhasil dirancang dan dikembangkan untuk mengatasi masalah dalam praktikum konvensional seperti ketidakakuratan pengukuran manual, keterbatasan alat, dan kurangnya efisiensi pemantauan data secara *real-time*. Pengujian menunjukkan bahwa alat berbasis IoT ini mampu menampilkan data secara akurat dan *real-time*, dengan tingkat ketelitian rata-rata di atas 95%. Secara spesifik, tingkat ketelitian alat dalam mengukur konstanta pegas pada berbagai variasi massa dan diameter pegas berkisar antara 97,46% hingga 99,66%. Analisis statistik menggunakan ANOVA membuktikan bahwa variabel massa dan diameter pegas secara signifikan memengaruhi nilai konstanta pegas ($p < 0,05$). Hal ini mendukung prinsip dasar Hukum Hooke yang diterapkan pada alat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Junaid, S. Salahudin, and R. Anggraini, "Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa di SMPN 17 Tebo," *Physics and Science Education Journal (PSEJ)*, vol. 1, no. 1, p. 16, Apr. 2021, doi: 10.30631/psejv1i1.709.
- [2] P. Rahmadhani, "Analisis hubungan minat belajar dan hasil belajar materi Hukum Hooke di SMAN 10 Kota Jambi," *Journal Evaluation in Education (JEE)*, vol. 3, no. 2, pp. 45–48, 2022, doi: 10.37251/jeev3i2.242.
- [3] R. Refiantoro and Kurmiawanti, "Penentuan konstanta pegas dalam Hukum Hooke pada rangkaian tunggal, seri, dan paralel," *JIE.UPY*

- Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta, vol. 1, no. 2, pp. 1–1, 2022. Available: <https://journal.upy.ac.id/index.php/JIE/issue/view/214/76>.
- [4] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, "Implementasi Internet of Things dalam kehidupan sehari-hari," *Jurnal Imagine*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022, doi: 10.35886/imaginev2i1.329.
- [5] R. Anjani, D. Adibah, and S. Danaryani, Rancang bangun alat training kit berbasis mikrokontroler dan IoT menggunakan aplikasi Blynk. Available: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/14475/>, 2023.
- [6] A. D. Limantara, Y. C. S. Purnomo, and S. W. Mudjanarko, "Pemodelan sistem pelacakan lot parkir kosong berbasis sensor ultrasonic dan Internet of Things (IoT) pada lahan parkir di luar jalan," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2017. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek>.
- [7] A. Selay, G. D. Andgha, M. A. Alfarizi, M. I. Bintang, M. N. Falah, M. Khaira, and M. Encep, "Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X," *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 2963-590X, pp. 861–862, 2022. Available: <https://ojs.unida.info/karimahauid/article/view/7633/3570>.
- [8] A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2021. Available: <https://doi.org/10.31884/jtt.v7i1.318>.
- [9] B. Saragih and C. Bancin, "Perancangan Pengukur Jarak Secara Wirelees Menggunakan Sensor Gelombang Ultrasonik Berbasis Arduino UNO ATmega 328 Dengan Tampilan Di Laptop," *Jurnal Teknologi Energi Uda*, vol. 9, no. 2, pp. 74–80, 2020. Available: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>.
- [10] Y. Nainggolan, Divia, D. L. Hutapea, W. F. Sirait, M. Sirait, and R. Sianturi, "Anava Satu Jalur (One Way – Anova)," *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, vol. 5, no. 1, pp. 5670–5682, 2025. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>.
- [11] C. P. Pratama and D. Wulandari, "Rancang Bangun Aplikasi Trainer Hukum Hooke Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 83–89, 2020. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/37322/33122>.
- [12] M. Taneo, I. Boimau, and K. D. F. Mataubenu, "Rancang Bangun Alat Peraga Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Arduino Pada Sistem Pegas," *Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 9, no. 2, p. 239, 2021. doi: 10.24127/jpf.v9i2.3739.
- [13] M. Masyruhan, U. Pratiwi, & Y. Al Hakim, "Perancangan alat peraga hukum Hooke berbasis mikrokontroler Arduino sebagai media pembelajaran fisika", *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, vol. 6, no. 2, 2020. Available: <https://doi.org/10.32699/spektra.v6i2.1234>.
- [14] D. M. Irawan, G. Iswanto, M. H. Furqon, S. Hastuti, "Pengaruh Nilai Konstanta Terhadap Pertambahan Panjang Pegas Pada Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel", *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, vo. 1, no. 5, 2018. Available: <https://jom.untidar.ac.id/index.php/merc/article/view/125>.
- [15] D. M. Irawan, G. Iswanto, H. F. Muhammad, and H. Sri, "Pengaruh nilai konstanta terhadap pertambahan panjang pegas pada rangkaian tunggal, seri dan paralel," *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, vol. 1, no. 5, p. 4, 2018. Available: <http://jom.untidar.ac.id/index.php/merc/article/view/125>.
- [16] Riduwan, *Dasar-dasar Statistika*, 17th ed. Bandung: Alfabeta, 2023.
- [17] A. Agustian, A. A. Anas, R. Wilza, and A. Junaidi, "Perancangan alat praktikum fisika gerak jatuh bebas," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika dan Sains*, vol. 5, no. 3, pp. 212–221, 2024. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/machinery/article/view/10142/3444>.
- [18] M. Rizqi, D. Yulianawati, and Nurjali, "Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)," *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 43–47, 2020. Available: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v7i2.758>.