MACHINERY JURNAL TEKNOLOGI TERAPAN
VOL6 NO.1, FEBRUARI 2025

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM FISIKA GAYA GESEK PADA BIDANG MIRING BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Fisabilillah Caudilo Zulensi[1)], Adian Aristia Anas[2)*], Romi Wilza[2)], Syamsul Rizal[2)], Ella Sundari[2)]
[1)]Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Indonesia
[2)]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Indonesia
[*]email korespondensi: adian1087@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
23/10/24

Received in revised:
16/11/24

Accepted:
03/03/25

Online-Published:
17/04/25

ABSTRAK

Gaya Gesek pada Bidang Miring (GGBM) adalah salah satu materi penting dalam mata kuliah fisika dan praktikum fisika. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengetahui kinerja alat praktikum GGBM berbasis Internet of Things (IoT), Metode penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan pendekatan eksperimen. Alat praktikum ini dibandingkan dengan perhitungan teoretis dari rumus GGBM dengan menggunakan pengujian pada 3 sudut bidang miring yang berbeda, yaitu, 30^0, 45^0, dan 60^0, serta dari 2 jarak tempuh benda uji yang berbeda, yaitu 40 cm dan 70 cm. Data di analisa dengan metode statistik ANOVA regresi linier sederhana untuk mendapatkan tingkat ketelitian dan hubungan antara sudut bidang miring dan jarak tempuh terhadap koefisien gesek kinetik benda uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT memiliki kinerja sangat layak/sangat baik karena rata – rata persentase error didapat 4,77% atau sudah < 10% dan tingkat ketelitian 95,23%. Hasil analisa ANOVA juga menunjukkan bahwa sudut bidang miring berpengaruh signifikan terhadap koefisien gesek kinetik benda uji. Sebaliknya, jarak tempuh tidak berpengaruh terhadap koefisien gesek kinetik benda uji.

***Kata Kunci** : praktikum fisika, koefisien gesek kinetik, internet of things, tingkat ketelitian, ANOVA*

©2025 The Authors. Published by Machinery: Jurnal Teknologi Terapan (Indexed in SINTA)

doi:
http://doi.org/10.5281/zenodo.15234480

ABSTRACT

Friction Force on An Inclined Plane (FFIP) is one of the important chpaters in physics courses. This study aims to develop and determine the performance of the lab physics lab based on the Internet of Things (IoT). This research method uses qualitative method and experimental approach. This physics lab is afterward compared to theoretical calculations from the FFIP formula by using tests at 3 inclined plane's angles of 30º, 45º, and 60º, as well as at 2 distances of 40 cm and 70 cm. The data were analyzed using ANOVA of simple linear regression to obtain the level of accuracy and the relationship between the inclined plane's angles and the distance towards the kinetic friction coefficient of the test objects. The results of the study shows that the development of the lab physics FFIP IoT-based has very decent performance as long as the error percentage (average) is 4.77% or less than 10% as well as the level of accuracy (average) is 95.23%. The results of the analysis showed that the inclined plane's angles have a significant effect towards the kinetic friction coefficient of the test objects. On the other hand, the distance barely has no effect towards the kinetic friction coefficient.

***Keywords** : physics lab, kinetic friction coefficient, internet of things, level of accuracy, ANOVA*

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

1. PENDAHULUAN

Salah satu mata kuliah di dalam Kurikulum Program Studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Sriwijaya adalah Fisika Rekayasa. Salah satu materi pembahasan dan capaian pembelajaran mata kuliah Fisika Rekayasa adalah gaya gesek pada bidang miring (GGBM). Gaya gesek adalah gaya yang bekerja pada dua permukaan benda yang bersentuhan di mana arah vektor gayanya berlawanan arah dengan arah kecepatan benda [1]. Materi atau bab ini membahas tentang sebuah fenomena fisika sehari – hari, yaitu berkaitan dengan pergerakan di atas bidang atau landasan miring dengan sudut tertentu di bawah pengaruh gravitasi tanpa adanya pengaruh gaya lain dari luar (Shofiyah & Wulandari, 2020). Praktikum fisika seperti GGBM merupakan metode yang efektif untuk mendemonstrasikan konsep dan hukum fisika [3].

Laboratorium adalah ruang yang berupa fasilitas untuk meningkatkan dan mencapai keterampilan mahasiswa dengan melakukan percobaan secara saintifik [4]. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya sebenarnya sudah memiliki Laboratorium Fisika untuk mendukung kegiatan praktikum mahasiswa. Namun, sebagian besar alat praktikum yang ada di laboratorium tersebut sudah berumur cukup lama dan saat ini sudah dalam kondisi rusak atau tidak layak digunakan lagi untuk praktikum fisika. Kondisi ini mengakibatkan kegiatan praktikum atau percobaan fisika menjadi terbatas dan kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alat praktikum yang baru dan mengikuti perkembangan teknologi untuk mendukung capaian pembelajaran mata kuliah Fisika Rekayasa. Berdasarkan hasil observasi awal, alat untuk praktikum GGBM sudah tersedia di Laboratorium Fisika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Sebelumnya praktikum GGBM di jurusan ini masih menggunakan metode konvensional dengan menggunakan Arduino Uno dan manual dengan *stopwatch* untuk mengukur waktu, percepatan, dan koefisien gesek benda uji. Namun, alat tersebut masih berbasis mikrokontroler menggunakan Arduino Uno. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pengembangan lebih lanjut ke alat praktikum GGBM yang berbasis IoT untuk upaya pengembangan Laboratorium Fisika di Jurusan Teknik Mesin.

Kemajuan teknologi yang sangat pesat di era revolusi industri 4.0, di mana salah satunya adalah Internet of Things (IoT). [5]. Prediksi jumlah perangkat yang terhubung dengan IoT yang terpasang di seluruh dunia mencapai 30,9 miliar pada tahun 2025, kenaikan yang signifikan jika dibanding hanya 13,8 miliar unit pada tahun 2021 [6]. Hal ini menunjukkan betapa cepatnya teknologi ini berkembang. Perkembangan ini memotivasi peneliti untuk terus berinovasi dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas praktikum di Laboratorium Fisika. Inovasi yang dimunculkan adalah integrasi IoT dengan sistem mekanik pada alat peraga fisika. IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga berpotensi untuk dapat mempermudah dan memperbaiki proses pembelajaran [7]. Dengan teknologi IoT, alat praktikum dapat dirancang agar lebih interaktif, terintegrasi dan sesuai dengan kebutuhan para peserta didik. Pemanfaatan *Big Data* dan *Cloud* di IoT dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi serta memungkinkan metode pembelajaran yang lebih canggih dan adaptif di laboratorium [8]. Perkembangan ini telah membawa dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Dengan adanya IoT, perangkat elektronik dapat terhubung secara langsung dan berinteraksi satu sama lain melalui ketersediaan internet. Hal ini memberikan kemungkinan untuk menciptakan inovasi – inovasi baru yang mempermudah aktivitas manusia sehari – hari. Melalui kreativitas manusia, integrasi antara IoT dan teknologi mekanik mampu menciptakan solusi yang efisien dan efektif dalam menjalankan berbagai pekerjaannya [7].

Salah satu implementasi IoT adalah dalam pengembangan alat praktikum untuk Laboratorium Fisika [9]. Laboratorium Fisika tidak hanya berperan sebagai tempat pembelajaran, tetapi juga sebagai fasilitas penting dalam mengembangkan pemahaman peserta didik terhadap konsep – konsep fisika secara praktis [3]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, alat praktikum dapat dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan terintegrasi [10]. Implementasi teknologi IoT diharapkan dapat meningkatkan keefektifan pembelajaran praktis di Laboratorium Fisika. Dengan adanya alat peraga atau praktikum yang terkoneksi dengan teknologi IoT, mahasiswa diharapkan dapat lebih mudah memahami konsep dasar fisika, seperti GGBM. Dengan demikian, mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan praktik mereka dalam melakukan eksperimen fisika dengan metode yang mengikuti perkembangan zaman. Untuk mengatasi kebutuhan ini, dilakukan perancangan dan eksperimen terkait pengembangan lebih lanjut. Hal ini diperlukan agar alat praktikum GGBM berbasis IoT layak diimplementasikan setelah di analisa. Tujuan dari pengembangan alat ini adalah untuk mengembangkan alat praktikum GGBM berbasis IoT dengan kendali dan tampilan hasil percobaan menggunakan aplikasi *Blynk* dan untuk mengetahui kinerja atau tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT.

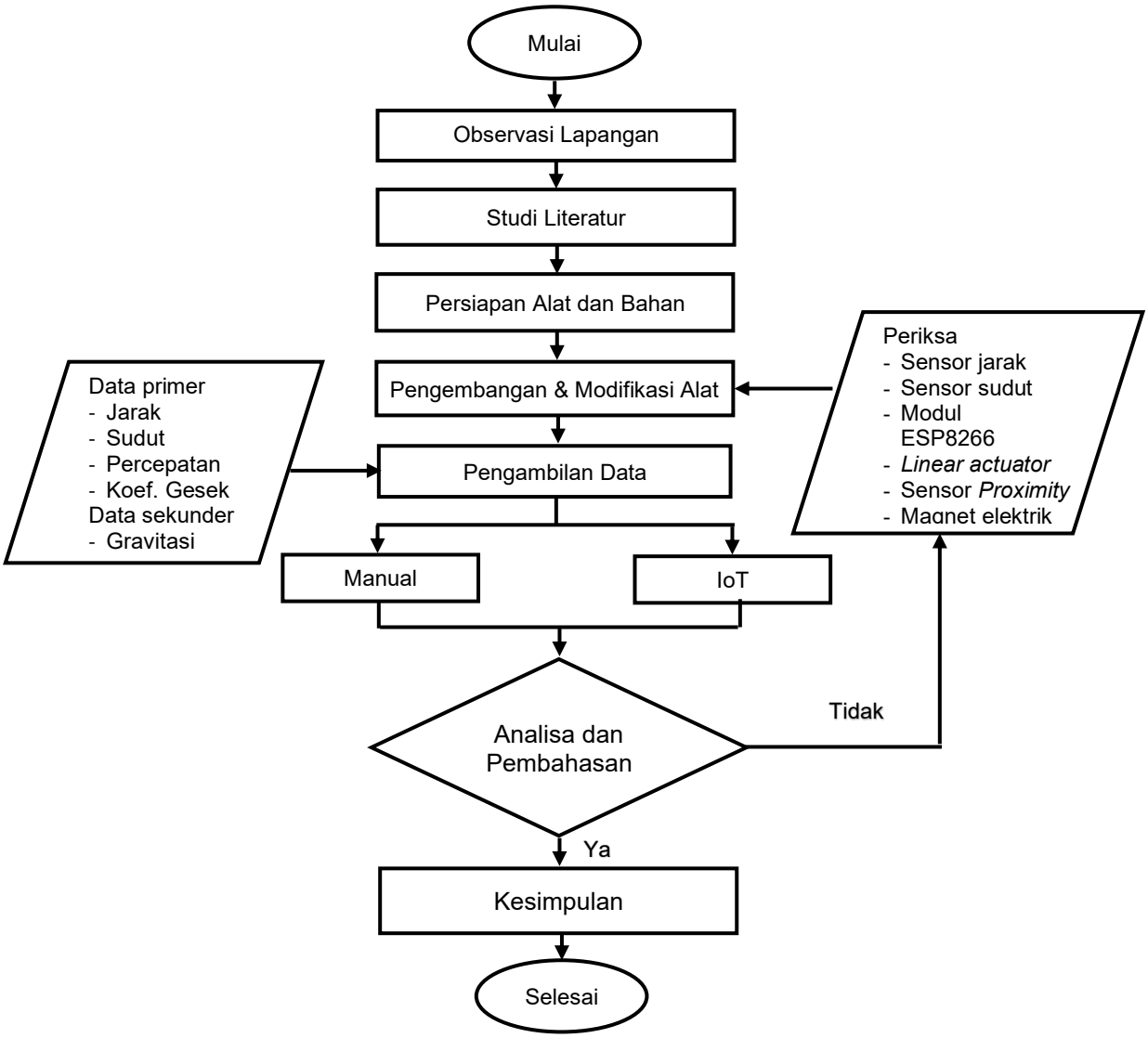
2. BAHAN DAN METODE

2.1. Metode Penelitian

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Penelitian pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT akan dilakukan di Bengkel MR Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan eksperimen. Tujuan penelitian kualitatif adalah untuk menguasai situasi dengan mendeskripsikan secara mendalam dan rinci terkait kondisi awal yang alami dan tentang kejadian di lapangan yang sesungguhnya [11]. Hasil pengambilan data eksperimen akan diolah dan di analisa untuk mengetahui kinerja alat atau tingkat ketelitian hasil perancangan alat praktikum GGBM berbasis IoT. Variabel independen yang digunakan adalah sudut bidang miring dan jarak tempuh benda uji. Variabel dependen (dipengaruhi oleh variabel independen) yang dipakai adalah waktu, percepatan, dan gaya gesek kinetik benda uji – landasan pelat besi.

Tahapan pada penelitian ini terdiri dari observasi lapangan, studi literatur, desain dan pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT (mekanik, elektrik, dan *programming*), pengujian kinerja/ketelitian alat, dan implementasi alat praktikum GGBM berbasis IoT. Diagram alir penelitian pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran dan perhitungan antara metode manual (konvensional) dan metode IoT pada alat praktikum GGBM yang sudah dirancang dan dikembangkan. Pengujian konvensional dilakukan dengan menggunakan mistar busur untuk mendapatkan sudut bidang miring, dan penggaris untuk menghitung jarak tempuh benda uji. Pengujian dilakukan pada 3 benda uji yang berbeda (balok besi, balok aluminium, dan balok kayu), 3 sudut bidang yang berbeda, yaitu 30° 45°, dan 60°, serta 2 jarak tempuh benda uji yang berbeda, yaitu 40 cm dan 70 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap sudut bidang dan jarak tempuh. Prosedur pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Tabel 1. Prosedur pengujian

Pengukuran	Metode Pengujian	
	Pengujian Konvensional	Pengujian Sistem IoT
Jarak tempuh	Menggunakan mistar tempel	Menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04
Sudut bidang miring	Menggunakan mistar busur kayu	Menggunakan sensor sudut MPU6050
Waktu	*Stopwatch*	*Millis* detik di aplikasi *Blynk*
Percepatan benda	Manual di kertas dengan rumus	Otomatis dengan *math coding* rumus di aplikasi *Blynk*
Koefisien gesek	Manual di kertas dengan rumus	Otomatis dengan *math coding* rumus di aplikasi *Blynk*

Hasil pengambilan data berdasarkan Tabel 1. di atas selanjutnya di analisa untuk mencari Tingkat Ketelitian dan kesesuaiannya antara hasil dari perhitungan sistem IoT dan perhitungan konvensional. Tahapan analisa ini diperlukan untuk mengetahui hasil kinerja alat praktikum GGBM berbasis IoT.[AT1][AAA2]

2.2. Alat dan Bahan

[AT3][AAA4]Alat dan bahan yang digunakan untuk pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT ditunjukkan pada Tabel 2.

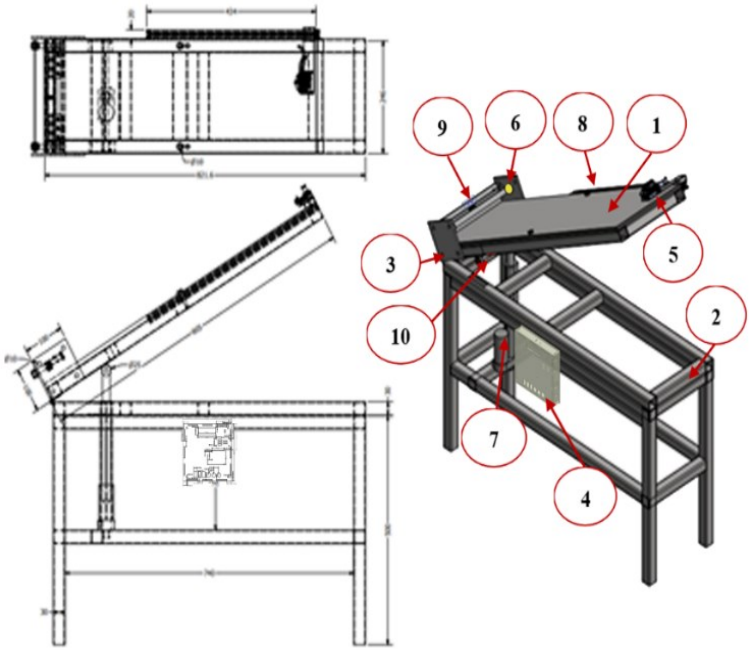
Tabel 2. Bahan – bahan yang diperlukan

No.	Jenis Pengerjaan	Bahan
1	Sistem mekanik	- Besi *hollow* ST32 ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm - Engsel 4 inci - Poros ¼ inci - Akrilik tebal 3 mm - Baut dan Mur M4, M5, M6, dan M8 - Mistar tempel 80 cm - Mistar busur kayu 180° - Balok besi ST32 8x5x5 cm^3 - Balok aluminium 8x5x5 cm^3 - Balok kayu 8x5x5 cm^3
2	Sistem elektrik	- Kabel listrik - Terminal colokan listrik - Steker colokan listrik - *Power supply* DC 5V - *Power supply* DC 12V - LCD 16x02 12IC - Magnet elektrik (beban 3 kg) - Modul Wi-Fi NodeMCU ESP8266 - Arduino Uno R3 - Sensor ultrasonik HC-SR04 - Sensor giroskop MPU6050 - Sensor *proximity Infrared* E18-D80NK - *Linear actuator* 50 cm - Relay 1 dan Relay 2 *channel* - *Push button*

2.3. Perancangan Alat

Perancangan awal adalah mendesain 2 dan 3 dimensi alat praktikum GGBM berbasis IoT dengan menggunakan aplikasi *Computer Aided Design* (CAD) di komputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap berikutnya adalah perakitan dan mengintegrasikan sistem mekanik dan sistem IoT.

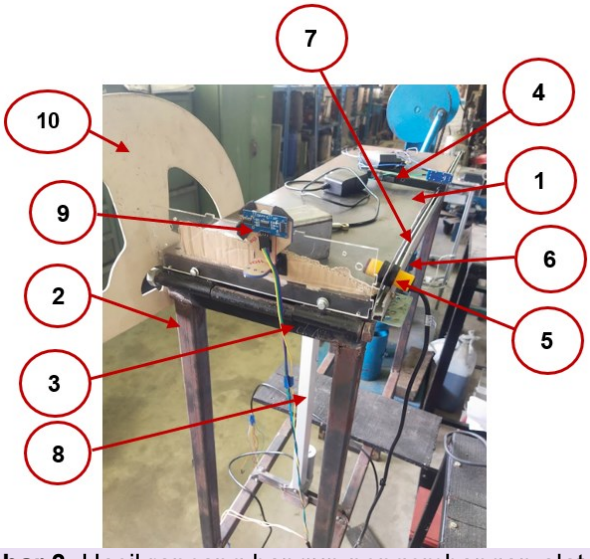
ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)



Gambar 2. Desain pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT

Deskripsi:
1. Rangka bagian atas, berfungsi sebagai landasan benda uji dan penopang untuk magnet elektrik, *v-slot*, sensor giroskop MPU6050, dan sensor ultrasonik HC-SR04
2. Rangka bagian bawah, berfungsi sebagai penopang semua komponen, terbuat dari besi *hollow* ST32 ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm
3. Engsel, berfungsi sebagai sumbu penghubung rangka bagian atas dan bawah
4. Mikrokontroler di dalam *box* panel akrilik, terdiri dari komponen elektrik seperti modul NodeMCU ESP8266, Arduino Uno R3, LCD, *jack* DC, *relay*, *push button*
5. Magnet elektrik, berfungsi sebagai penahan/penjepit benda uji
6. Sensor *proximity infrared E18-D80NK,* berfungsi sebagai pendeteksi ketika benda berhenti
7. *Linear actuator*, berfungsi sebagai pengangkat dan penahan landasan pelat besi di rangka bagian atas untuk mendapatkan sudut kemiringan bidang yang diperlukan
8. *V-slot* untuk lintasan maju/mundur magnet elektrik
9. Sensor ultrasonik HC-SR04, berfungsi untuk mengukur jarak tempuh benda uji
10. Sensor MPU6050, berfungsi untuk mengukur sudut bidang miring (landasan)

Hasil rancang bangun pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan bagian:
1. Rangka bagian atas
2. Rangka bagian bawah
3. Engsel penghubung rangka
4. Magnet elektrik
5. Sensor *proximity infrared E18-D80NK*
6. Sensor MPU6050
7. Lintasan *V-slot*
8. *Linear actuator*
9. Sensor ultrasonik HC-SR04
10. Mistar kayu

Gambar 3. Hasil rancang bangun pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT[AT5][AAA6]

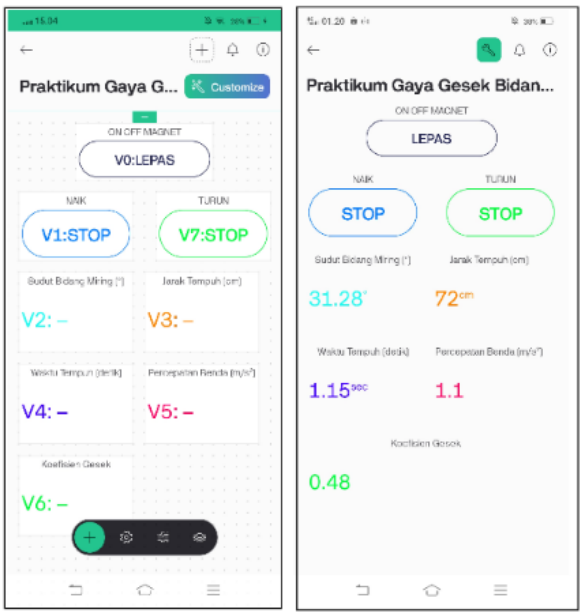
ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

2.4. Sistem Kerja Alat

Pada sistem IoT, alat ukur yang diperlukan terdiri dari 2 jenis, yaitu sensor MPU6050 yang diposisikan di sisi bawah landasan untuk mengukur sudut bidang miring dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang diposisikan di atas engsel landasan untuk mengukur jarak tempuh benda. Sedangkan pada sistem manual digunakan alat ukur mistar tempel sepanjang 80 cm yang dilekatkan di sepanjang sisi meja landasan rangka atas dan busur kayu 180^o yang diposisikan di ujung kiri meja landasan dan sejajar dengan engsel landasan.

Alat praktikum GGBM berbasis IoT dinyalakan sampai muncul status ‘’*The sistem is connected to internet”* di seluler pintar dan layar LCD. Besarnya sudut bidang miring θ yang digerakkan naik/turun menggunakan komponen penggerak *Linear Actuator* diatur melalui perintah aplikasi *Blynk* di seluler pintar. Tahap pembacaan sudut dijalankan dengan menggunakan sensor MPU6050 dan hasilnya dikirimkan langsung ke NodeMCU ESP8266 dan ditampilkan ke *Blynk*. Setelah nilai sudut bidang miring ditentukan, tahap berikutnya adalah menahan/menjepit benda uji di depan magnet elektrik. Posisi atau jarak benda uji yang sudah dijepit dapat diatur dengan hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04. Pada kondisi ini, status dari sensor *proximity* adalah *HIGH*. Ketika status magnet elektrik berubah menjadi *LOW* melalui perintah di aplikasi *Blynk*, maka benda uji akan lepas dan meluncur seiring dengan perubahan waktu tempuh (*coding millis*) sampai benda uji berada di depan sensor *proximity*. Perhitungan waktu tempuh akan berhenti akan berhenti otomatis karena sensor *proximity* sudah mendeteksi benda sehingga statusnya berubah menjadi *LOW*.

Hasil hitung waktu, percepatan, dan koefisien gesek kinetik benda uji akan langsung ditampilkan di aplikasi *Blynk* ketika benda uji berada di depan sensor *proximity* di sisi kiri bawah meja landasan pelat besi. Rumus perhitungan percepatan dan koefisien gesek kinetik benda sudah diprogram melalui baris *coding* di aplikasi Arduino IDE. Kedua hasil perhitungan tersebut dipengaruhi oleh hasil pembacaan waktu (*t*), sudut bidang miring (θ), dan jarak tempuh (*L*) benda uji. Pembacaan jarak tempuh benda uji di atas rangka bidang miring diukur menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Secara keseluruhan, hasil pengukuran sudut bidang miring (θ), jarak tempuh (*L*), waktu tempuh (*t*), percepatan dan koefisien gesek kinetik benda uji dapat dipantau di aplikasi *Blynk*. Selain itu, perintah reset (mulai ulang), menaikkan/menurunkan landasan bidang miring, dan menjepit/melepas benda uji juga diperintahkan melalui aplikasi *Blynk* di seluler pintar. Gambar 4. di bawah ini menunjukkan pengaturan *widget* dan tampilan data salah satu hasil percobaan alat praktikum GGBM berbasis IoT di aplikasi *Blynk*.



a b

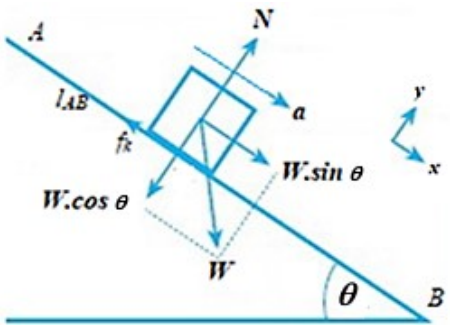
Gambar 4. (a) Pengaturan *widget* di aplikasi *Blynk*; dan (b) contoh tampilan data hasil percobaan praktikum GGBM di aplikasi *Blynk*

2.5. Analisa Data

2.5.1. Rumus Percepatan dan Koefisien Gesek Kinetik

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Sebuah benda dengan berat (*W*) diletakkan di atas bidang miring dengan sudut kemiringan tertentu (*θ*) terhadap sumbu *x* atau bidang horizontal. *Free Body Diagram* (*FBD*) GGBM ditunjukkan pada Gambar 5. [AT7][AAA8]



Gambar 5. *FBD* benda pada bidang miring

Gaya normal *N* pada sistem gaya gesek pada benda seperti Gambar 4. di atas adalah gaya reaksi yang timbul ketika benda uji diletakkan di atas permukaan bidang miring dan arah vektornya tegak lurus dengan bidang miring. Jika sistem ini diasumsikan saat balok dilepas di titik *A* dengan kecepatan mula – mula benda tersebut adalah nol, sehingga persamaan percepatan benda dari titik *A* ke titik *B*:

$$a = \frac{L_{AB}}{2t^2} \quad (1)$$

keterangan:
a = percepatan benda meluncur atau bergerak di atas bidang miring (m/s^2)
L_{AB} = perpindahan benda dari titik *A* ke titik *B* di atas bidang lintasan (m)
t = waktu lintasan benda dari posisi awal hingga mencapai ujung akhir (s)

Berdasarkan Hukum Newton II, persamaan menghitung koefisien gesek kinetik benda pada bidang miring:

$$\mu_k = \frac{g.\sin\theta - a}{g.\cos\theta} \quad (2)$$

keterangan:
μ_k = koefisien gesekan kinetik
g = konstanta gravitasi bumi (9,81 m/s^2)
θ = sudut kemiringan bidang landasan terhadap bidang horizontal atau sumbu *x* (°)[AT9][AAA10]

2.5.2. Rumus Analisa Tingkat Ketelitian Alat

Penentuan variabel dependen (sudut bidang miring dan jarak tempuh) dan perhitungan variabel independen dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode manual (konvensional) dan metode digital berbasis IoT. Hasil dari kedua metode akan dicari tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT dan selanjutnya akan disandingkan dan dijelaskan dengan menggunakan kriteria interpretasi persentase. Tabel 3. menunjukkan kriteria persentase yang digunakan pada penelitian ini [12].

Tabel 3. Kriteria interpretasi persentase

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

Proses analisa data hasil uji coba alat praktikum GGBM berbasis IoT bertujuan untuk mendeskripsikan ketelitian alat yang telah dibuat. Analisa nilai *Error* diperlukan untuk mengetahui tingkat kelayakan/ketelitian alat yang dikembangkan. Persentase *Error* hasil perhitungan koefisien gesek kinetik antara benda uji dan landasan miring pelat besi pada sistem IoT di analisa dengan menggunakan persamaan [13]:

$$\%Error = \sqrt{\frac{\sum_i^n \left(\frac{D_{man} - D_{IoT}}{D_{IoT}}\right)^2}{n}} \; x\; 100\% \quad (3)$$

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

keterangan:
%Error = persentase *Error* alat praktikum GGBM berbasis IoT
D_{man} = data kalkulasi dari hasil pengukuran manual
D_{IoT} = data kalkulasi dari hasil pengukuran dengan sistem IoT
n = jumlah data variabel independen[AT11][AAA12]
Berikutnya, tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT di analisa dengan menggunakan persamaan:

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

keterangan:
TK = tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT (dalam satuan %)

Pengaruh perbedaan sudut bidang miring terhadap nilai koefisien gesek kinetik benda uji pada hasil rancangan alat praktikum GGBM berbasis IoT dianalisa menggunakan metode statistik regresi linier sederhana melalui aplikasi Microsoft Office Excel. Pengujian kedua variabel tersebut diperlukan untuk mengetahui dan membuktikan pengaruh dari variabel independen (*X*), yaitu sudut bidang miring, dan variabel dependen (*Y*), yaitu nilai koefisien gesek kinetik dengan hipotesis:

Pengaruh perbedaan sudut bidang miring dan jarak tempuh terhadap nilai koefisien gesek kinetik benda uji pada rancangan alat praktikum berbasis IoT di analisa menggunakan metode ANOVA regresi linier di aplikasi SPPS Versi 26. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui dan membuktikan pengaruh dari variabel independen, yaitu sudut bidang miring (X_1) dan jarak tempuh (X_2), serta variabel dependen, yaitu koefisien gesek kinetik (*Y*). Nilai dari F_{hitung} dapat diperoleh dari hasil ANOVA. Sedangkan untuk nilai F_{tabel} didapatkan dari tabel distribusi *F* dengan signifikasi dengan rumus $F_{tabel} = df\ (N_1)$ dan df_2 = n – k – 1 di mana *n* = jumlah data dan *k* = jumlah variabel independen [14]. Hipotesis yang dipakai pada penelitian ini antara lain:

1. Jika nilai signifikasi < α = 0,05 atau $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka dinyatakan variabel independen (*X*) berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen (*Y*), sehingga *H_0 ditolak dan H_1 diterima*.
2. Jika nilai signifikasi > α = 0,05 atau $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka dinyatakan variabel independen (*X*) tidak berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen (*Y*), sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Persamaan regresi linier sederhana dituliskan:

$$Y = a + bX \quad (5)$$

keterangan:
Y = variabel dependen
X = variabel independen
a = besarnya nilai *Y* pada saat nilai *X* = 0, disebut koefisien regresi
b = koefisien regresi, jumlah perubahan *Y* untuk pertambahan nilai *X* satu satuan

Selanjutnya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen, maka diperlukan uji koefisien determinasi *R square* (R^2). Pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dapat disimpulkan kuat apabila Nilai $R^2 > 0{,}5$. Nilai R^2 berkisar dari 0 sampai 1. Koefisien korelasi mempunyai kriteria – kriteria seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 [15] .

Tabel 4. 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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Tingkat Ketelitian Alat Praktikum GGBM Berbasis IoT

Sensor yang terintegrasi yang digunakan pada alat praktikum gesek pada bidang miring berbasis IoT adalah sensor MPU6050 untuk mengukur variabel sudut bidang miring terhadap bidang horizontal dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak tempuh benda uji. Pada pengujian berbasis IoT menggunakan alat ini, data hasil pengujian berupa sudut bidang, jarak tempuh, waktu tempuh, percepatan, dan koefisien gesek kinetik secara langsung akan tampil secara *online* melalui aplikasi *Blynk* di seluler pintar dan *offline* di LCD 16x02 12IC di samping kiri alat. Di dalam sistem IoT, data pengujian tersebut dihitung melalui baris *coding* yang sudah diprogram/ditanam di dalam perangkat keras NodeMCU ESP8266 berdasarkan data yang dibaca

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

oleh kedua sensor. Sedangkan di sistem manual, percepatan dan koefisien gesek kinetik dihitung di atas kertas berdasarkan hasil pengukuran sudut dan jarak tempuh dengan mistar.

Tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT di analisa dengan membandingkan koefisien gesek kinetik antara hasil percobaan manual dan sistem IoT dengan Pers. (3) dan (4). Variabel independen yang dipakai yaitu 3 variabel sudut bidang miring dan 2 variabel jarak tempuh benda yang berbeda. Sedangkan variabel dependen yang di analisa antara lain koefisien gesek kinetik, nilai *Error*, dan tingkat ketelitian. Variabel jarak tempuh 40 cm dan 70 cm dilakukan 3 kali percobaan atau pengulangan pada variabel sudut 30°, 45°, dan 60°. Jumlah pengujian pada setiap benda uji adalah 18 kali percobaan.

Tabel 5. Tingkat ketelitian pengukuran koefisien gesek kinetik antara benda uji balok besi dan landasan

No.	Percobaan ke -	Sudut bidang (°)		Jarak tempuh (cm)		Koefisien gesek kinetik		*Error* (%)	Tingkat Ketelitian (%)
		Manual	IoT	Manual	IoT	Manual	IoT		
1	1	30	27	40	39	0,50	0,50	0,03	99,97
2	2		31		38	0,59	0,59		
3	3		29		41	0,55	0,55		
4	1		28	70	68	0,52	0,53	0,06	99,94
5	2		32		67	0,62	0,62		
6	3		31		69	0,59	0,59		
7	1	45	44	40	36	0,71	0,71	2,92	97,08
8	2		42		39	0,69	0,61		
9	3		46		38	0,72	0,76		
10	1		45	70	67	0,64	0,66	6,52	93,48
12	2		47		69	0,67	0,73		
12	3		44		66	0,60	0,59		
13	1	60	58	40	37	0,76	0,75	8,56	91,44
14	2		59		39	0,89	0,87		
15	3		63		40	0,66	0,78		
16	1		60	70	69	0,91	0,92	18,61	81,39
17	2		62		68	0,72	0,83		
18	3		63		71	0,82	0,95		
Rata – rata						0,68	0,70	6,12	93,88

Berdasarkan hasil analisa yang ditunjukkan di Tabel 5. di atas, diperoleh tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok besi yang paling tinggi adalah pada sudut bidang 30° dan jarak tempuh 40 cm, yaitu 99,97%. Sebaliknya, Tingkat Ketelitian sistem IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok besi yang paling rendah didapat pada sudut bidang 60° dan jarak tempuh 70 cm, yaitu 81,39%. Selain itu, rata – rata tingkat ketelitian perhitungan koefisien gesek kinetik benda uji balok besi menggunakan sistem IoT adalah sebesar 93,88%. Persentase tersebut menunjukkan kategori kinerja alat praktikum pada penelitian ini yang sangat layak/sangat baik. Hal ini dikarenakan rata – rata tingkat ketelitiannya berada pada rentang 81% – 100% dan hanya terdapat *Error* sebesar 6,12%.

Tabel 6. Tingkat ketelitian pengukuran koefisien gesek kinetik antara benda uji aluminium dan landasan

No.	Percobaan ke -	Sudut bidang (°)		Jarak tempuh (cm)		Koefisien gesek kinetik		*Error* (%)	Tingkat Ketelitian (%)
		Manual	IoT	Manual	IoT	Manual	IoT		
1	1	30	31	40	40	0,53	0,53	0,31	99,69
2	2		32		41	0,56	0,57		
3	3		29		39	0,49	0,49		
4	1		29	70	71	0,46	0,47	0,96	99,04
5	2		28		69	0,45	0,45		
6	3		30		70	0,48	0,48		
7	1	45	44	40	40	0,57	0,59	0,63	99,37
8	2		45		41	0,54	0,55		
9	3		43		37	0,60	0,57		
10	1		46	70	68	0,61	0,66	0,87	99,13
12	2		44		70	0,56	0,54		
12	3		43		68	0,59	0,56		

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

13	1	60	61	40	39	0,66	0,78	3,77	96,23
14	2		58		40	0,76	0,71		
15	3		59		38	0,93	0,88		
16	1		60	70	69	0,66	0,78	4,65	95,35
17	2		60		69	0,76	0,71		
18	3		61		70	0,93	0,85		
Rata – rata						0,62	0,63	1,87	98,13

Berdasarkan hasil analisa yang ditunjukkan di Tabel 6. di atas, didapat tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok aluminium yang paling tinggi adalah pada sudut bidang 30^o dan jarak tempuh 40 cm, yaitu 99,69%. Sebaliknya, Tingkat Ketelitian sistem IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok aluminium yang paling rendah didapat pada sudut bidang 60^o dan jarak tempuh 70 cm yaitu 95,35%. Selain itu, rata – rata Tingkat Ketelitian perhitungan koefisien gesek kinetik benda uji balok aluminium menggunakan sistem IoT adalah sebesar 98,13%. Persentase tersebut menunjukkan kategori kinerja alat praktikum GGBM berbasis IoT yang sangat layak/sangat baik untuk digunakan. Hal ini dikarenakan rata – rata Tingkat ketelitiannya sudah berada pada rentang 81% – 100% dan hanya terdapat *Error* sebesar 1,87%, di mana sudah tercapai *Error* di bawah 10%.

Tabel 7. Tingkat ketelitian pengukuran koefisien gesek kinetik antara benda uji balok kayu dan landasan

No.	Percobaan ke -	Sudut bidang (^{o})		Jarak tempuh (cm)		Koefisien gesek kinetik		*Error* (%)	Tingkat Ketelitian (%)
		Manual	IoT	Manual	IoT	Manual	IoT		
1	1	30	29	40	40	0,40	0,40	1,23	98,77
2	2		28		41	0,37	0,38		
3	3		30		39	0,41	0,40		
4	1		31	70	71	0,45	0,45	1,66	98,34
5	2		30		69	0,43	0,44		
6	3		32		70	0,46	0,47		
7	1	45	45	40	40	0,50	0,55	6,96	93,04
8	2		45		41	0,56	0,57		
9	3		44		37	0,48	0,48		
10	1		43	70	68	0,46	0,43	1,54	98,46
12	2		46		70	0,47	0,51		
12	3		43		68	0,42	0,40		
13	1	60	62	40	39	0,47	0,64	21,41	78,59
14	2		61		41	0,66	0,73		
15	3		59		40	0,32	0,29		
16	1		60	70	69	0,59	0,61	5,12	94,88
17	2		61		69	0,49	0,56		
18	3		59		70	0,63	0,58		
Rata – rata						0,48	0,49	6,32	93,68

Berdasarkan hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 7. di atas, didapat tingkat ketelitian alat praktikum GGBM berbasis IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok kayu yang paling tinggi adalah pada sudut bidang 30^o dan jarak tempuh 40 cm, yaitu 98,77%. Sebaliknya, tingkat ketelitian sistem IoT dalam mengukur koefisien gesek kinetik benda uji balok kayu yang paling rendah didapat pada sudut bidang 60^o dan jarak tempuh 40 cm, yaitu 78,59%. Selain itu, rata – rata tingkat ketelitian perhitungan koefisien gesek kinetik benda uji balok kayu menggunakan sistem IoT adalah sebesar 93,68%. Persentase tersebut menunjukkan kategori kinerja alat berbasis IoT ini yang sangat layak/sangat baik untuk digunakan. Hal ini dikarenakan rata – rata tingkat ketelitiannya sudah berada pada rentang 81% – 100% dan hanya terdapat *Error* sebesar 6,32%, di mana sudah tercapai *Error* di bawah 10%.

Berdasarkan setiap analisa di atas, rata – rata tingkat ketelitian koefisien gesek dengan benda uji balok besi, aluminium, dan kayu pada alat praktikum GGBM berbasis IoT diperoleh sebesar 95,23% dan rata – rata nilai *Error* yang diperoleh hanya 4,77% atau tidak melebihi 10%. Meskipun begitu, berdasarkan analisa uji kinerja alatnya masih memenuhi syarat dan dikatakan sangat layak diimplementasikan untuk kegiatan praktikum GGBM. Tidak tercapainya tingkat ketelitian alat peraga ini sampai 100% dengan perbedaan bahan benda uji, sudut bidang miring, dan jarak tempuh benda uji pada setiap percobaan dipengaruhi antara lain:

1. Pembacaan atau pengukuran besar sudut bidang oleh sensor giroskop MPU6050 dan jarak tempuh oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Nilai sudut dan jarak yang dibaca menggunakan kedua sensor

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

tersebut terdapat fluktuasi dibandingkan dengan hasil pengukuran manual yang sebenarnya dengan mistar dan busur sudut.

2. Sumber arus listrik 5VDC yang tidak stabil, sehingga mempengaruhi hasil pengukuran sudut dan jarak tempuh akan tidak stabil terus turun naik setiap detiknya sebelum tombol START ditekan.
3. Presentasi presisi sensor MPU6050 maupun HC-SR04 yang dapat mencapai maksimum 98% dari hasil pengukuran sebenarnya dengan mistar.

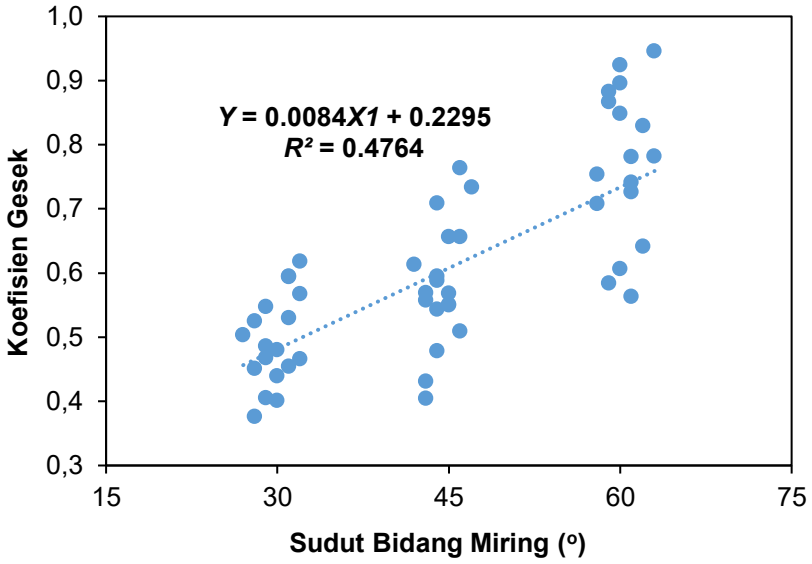
3.2. Analisa Pengaruh Sudut Bidang Miring terhadap Koefisien Gesek Kinetik

Tabel 8. Uji ANOVA pengaruh sudut bidang miring terhadap koefisien gesek kinetik benda uji

R	R^2	*Adjusted* R^2	*Std. Error*		
0,688	0,473	0,463	11,31631		
ANOVA					
	Sum of Squares	*Df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Regression	0,598	1	0,598	46,676	0,00009
Residual	0,666	52	0,013		
Total	1,264	53			
	Coefficients	*Std. Error*	*Beta*	*t*	*Sig.*
(Constant)	0,2295	0,057		4,023	0,000187
Tinggi Jatuh	0,0084	0,001	0,688	6,832	0,000000009

Berdasarkan hasil uji ANOVA regresi linier dengan n = 54, maka diperoleh Df_1= 1 dan Df_2 = 52. Berdasarkan titik persentase distribusi F untuk probabilitas (0,05), maka didapat nilai F_{tabel} = 4,03. Dari hasil *output* ANOVA seperti pada Tabel 8. di atas diperoleh nilai F_{hitung} = 46,676, atau $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan nilai Signifikansi 0,00009 < α = 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara sudut bidang miring dan koefisien gesek kinetik benda uji pada alat praktikum GGBM berbasis IoT. Nilai korelasi antara sudut bidang miring dan koefisien gesek kinetik benda uji diperoleh R^2 = 0,473. Berdasarkan kriteria di Tabel 4. nilai tersebut termasuk dalam kategori sedang. Selanjutnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. model persamaan regresinya adalah $Y = 0{,}2295 + 0{,}0084X_1$, di mana Y adalah variabel dependen (koefisien gesek kinetik benda uji di atas landasan pelat besi) dan X_1 adalah variabel independen (sudut bidang miring landasan terhadap sumbu x (horizontal).

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)



Gambar 6. Linearitas antara sudut bidang miring dan koefisien gesek kinetik benda uji

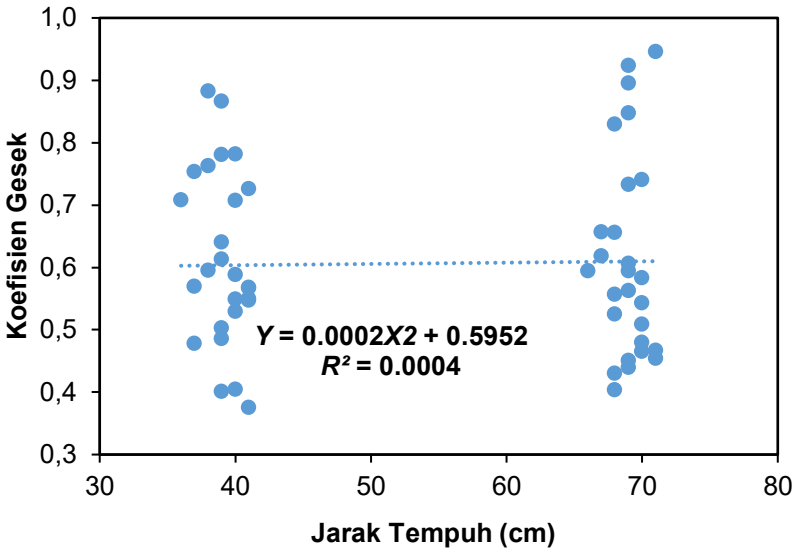
3.3. Analisa Pengaruh Jarak Tempuh terhadap Koefisien Gesek Kinetik

Tabel 9. Uji ANOVA pengaruh jarak terhadap koefisien gesek kinetik benda uji

R	R^2	*Adjusted* R^2	*Std. Error*		
0,021	0,00045	-0,019	0,15585		
ANOVA					
	Sum of Squares	*Df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Regression	0,00057	1	0,00057	0,024	0,879
Residual	1,263	52	0,024		
Total	1,264	53			
	Coefficients	*Std. Error*	*Beta*	*t*	*Sig.*
(Constant)	0,5952	0.080		7,449	0,000000001
Tinggi Jatuh	0,0002	0,001	0,021	0,153	0,879

Berdasarkan hasil uji ANOVA regresi linier dengan n = 54, maka diperoleh Df_1= 1 dan Df_2 = 52. Berdasarkan titik persentase distribusi F untuk probabilitas (0,05), maka didapat nilai F_{tabel} = 4,03. Dari hasil *output* ANOVA seperti pada Tabel 9. di atas diperoleh nilai F_{hitung} = 0,024, atau $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan nilai Signifikansi 0,879 > α = 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara jarak tempuh dan koefisien gesek kinetik benda uji pada alat praktikum GGBM berbasis IoT. Nilai korelasi antara jarak tempuh dan koefisien gesek kinetik benda uji diperoleh R^2 = 0,00045. Berdasarkan kriteria di Tabel 4. korelasi tersebut termasuk dalam kategori sangat rendah. Selanjutnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. model persamaan regresinya adalah Y = 0,5952 + 0,0002X_2, di mana Y adalah variabel dependen (koefisien gesek kinetik benda uji di atas landasan pelat besi) dan X_2 adalah variabel independen (jarak tempuh benda uji).

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)



Gambar 7. Linearitas antara jarak tempuh dan koefisien gesek kinetik benda uji

4. KESIMPULAN

Pengembangan alat praktikum GGBM berbasis IoT menunjukkan kinerja alat yang sangat layak/sangat baik digunakan pada kegiatan praktikum fisika. Hasil uji tingkat ketelitian koefisien gesek kinetik benda uji dengan menggunakan alat peraga ini menunjukkan akurasi yang sangat baik pada semua sudut bidang jarak dan tempuh pengujian. Meskipun demikian, tetap saja adanya nilai *Error* antara hasil teoretis (perhitungan manual di kertas) dan pengukuran dari sistem IoT. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi hasil pembacaan sensor giroskop MPU6050 dan sensor jarak HC-SR04. Berdasarkan ANOVA, sudut bidang miring berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien gesek kinetik antara benda uji dan landasan besi. Sebaliknya, jarak tempuh tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil perhitungan koefisien gesek kinetik antara benda uji dan landasan besi. Secara keseluruhan, alat praktikum praktikum GGBM berbasis IoT yang dikembangkan pada penelitian ini layak untuk digunakan pada praktikum GGBM di Laboratorium Fisika.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. B. Fitrianto, Darmanto, and S. Imam, “Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja ST 37 Pada Bidang Miring Terhadap Viskositas Pelumas dan Kekasaran Permukaan,” *Momentum*, vol. 11, no. 1, pp. 13–18, 2015, doi: http://dx.doi.org/10.36499/jim.v11i1.1076.

[2] N. Shofiyah and F. E. Wulandari, *Gerak dan Perubahan*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2020. doi: https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6081-15-0.

[3] Sarjono, “Pentingnya Laboratorium Fisika di SMA/MA dalam Menunjang Pembelajaran Fisika,” *J. Madaniyah*, vol. 8, no. 2, pp. 262–271, 2018.

[4] U. Nisa, Sukmawati, Syamsidar, I. Sari, Auliah, and N. H. Muhiddin, “Optimalisasi Pengelolaan Laboratorium (Laboratory Management) sebagai Upaya Pendidikan IPA Universitas Negeri Makassar,” *J. Lepa-lepa Open*, vol. 1, no. 1, pp. 129–135, 2021, [Online]. Available: http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/32946

[5] Z. Azhar, “Pembuatan Alat Praktikum Digital pada Konsep Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Fisika. Jurnal Ikatan Alumni Fisika,” *J. Ikat. Alumni Fis. Univ. Negeri Medan*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.24114/jiaf.v4i1.10884.

[6] T. Alam, “A Reliable Communication Framework and Its Use in Internet of Things (IoT),” *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 450–455, 2025, doi: https://ijsrcseit.com/paper/3496.pdf.

[7] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, “Implementasi Internet of Things dalam Kehidupan Sehari-Hari,” *J. Imagine*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022, doi: 10.35886/imagine.v2i1.329.

[8] M. A. Rahman and A. T. Asyhari, “The Emergence of Internet of Things (IoT): Connecting Anything, Anywhere,” *Computers*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: https://doi.org/10.3390/computers8020040.

[9] F. Muchlis, D. Sulisworo, and M. Toifur, “Pengembangan Alat Peraga Fisika Berbasis Internet of Things untuk Praktikum Hukum Newton II,” *J. Pendidik. Fis. Univ. Muhammadiyah Makasar*, vol. 6, no. 1, pp. 13–20, 2019, doi: https://doi.org/10.26618/jpf.v6i1.956.

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

[10] M. K. Hamdani and Supardiyono, “Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Digital Berbasis Sensor Inframerah,” *IPF Inov. Pendidik. Fis.*, vol. 9, no. 3, pp. 410–416, 2020, doi: https://doi.org/10.26740/ipf.v9n3.p410-416.
[11] F. Malahati, U. B Anelda, P. Jannati, Q. Qathrunnada, and S. Shaleh, “Kualitatif : Memahami Karakteristik Penelitian Sebagai Metodologi,” *J. Pendidik. Dasar*, vol. 11, no. 2, pp. 341–348, 2023, doi: https://doi.org/10.46368/jpd.v11i2.902.
[12] Riduwan, "*Dasar-Dasar Statistika"*. Alfabeta, 2023.
[13] E. F. Yandra, B. P. Lapanporo, and M. I. Jumarang, “Rancang Bangun Timbangan Digital Berbasis Sensor Beban 5 Kg Menggunakan Mikrokontroler Atmega328,” *POSITRON*, vol. 6, no. 1, pp. 23–28, 2016, doi: http://dx.doi.org/10.26418/positron.v6i1.15924.
[14] Nuryadi, T. D. Astuti, and E. S. Utami, "*Dasar-Dasar Statistik Penelitian"*. Sibuku Media, 2017.
[15] Sugiyono, "*Metode Penelitian Manajemen"*, 6th ed. Bandung: Alfabeta, 2018.