

LAPORAN TUGAS BESAR

Menentukan Koefisien Gesekan μ dari Gaya Gesek dan Gaya Normal



KELOMPOK 2:

- 1). Radif Putra Permana 101042300014
- 2). Thory Shafwan Putra Ramadhan 101042300023
- 3). Gizza Gratia Lakeisha Gustaman 101042300049
- 4). Yidzuka Yasha Yashyfa 101042300072

**PRODI TEKNIK FISIKA
MATA KULIAH TEKNIK KOMPUTASI
UNIVERSITAS TELKOM
TAHUN 2025**

Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari dan dalam berbagai sistem teknik, gaya gesek memainkan peran penting dalam mengontrol gerakan antara dua permukaan yang bersentuhan. Salah satu parameter utama yang menggambarkan interaksi ini adalah koefisien gesekan (μ), yang menunjukkan seberapa besar gaya gesek yang muncul dibandingkan dengan gaya normal yang bekerja pada benda. Secara umum, gaya gesek dapat dinyatakan melalui hubungan:

$$F_f = \mu F_N$$

dengan (F_f) adalah gaya gesek, (μ) adalah koefisien gesekan, dan (F_N) adalah gaya normal. Penentuan nilai (μ) secara eksperimental sangat penting untuk berbagai aplikasi teknik, seperti sistem pengereman, perancangan mesin, robotika, hingga perhitungan efisiensi energi. Namun, data eksperimen yang diperoleh tidak selalu linier sempurna, sehingga diperlukan pendekatan numerik untuk memperoleh nilai (μ) yang akurat dari data.

Melalui tugas besar ini, dilakukan analisis numerik untuk menentukan nilai koefisien gesekan (μ) menggunakan dua metode numerik berbeda, yaitu:

- **Regresi linear tanpa intersep** untuk menemukan hubungan terbaik antara gaya gesek dan gaya normal.
- **Interpolasi linier** untuk memperkirakan nilai-nilai lokal dari
- (μ)
- antara dua titik data eksperimen.

Selain itu, dilakukan **analisis galat** untuk membandingkan hasil dari kedua metode dan mengevaluasi keakuratannya. Studi ini diharapkan dapat memperkuat pemahaman tentang penerapan teknik komputasi dalam analisis fenomena fisis nyata.

Rumusan Masalah

Dalam pelaksanaan tugas besar ini, sejumlah pertanyaan mendasar diajukan sebagai acuan untuk merancang arah analisis dan pemodelan. Salah satu pertanyaan utamanya adalah bagaimana hubungan antara gaya gesek dan gaya normal dapat dijelaskan secara matematis dalam bentuk model yang sederhana namun mewakili realitas fisik secara akurat. Pemodelan ini sangat penting karena menjadi pondasi bagi proses komputasi numerik yang akan digunakan untuk memperoleh solusi. Selain itu, dipertimbangkan pula bagaimana penerapan dua metode numerik (regresi linier tanpa intersep dan interpolasi linier) dapat dimanfaatkan untuk menghitung nilai koefisien gesekan (μ) berdasarkan data hasil eksperimen. Kedua metode ini dipilih karena memiliki pendekatan yang berbeda dalam menganalisis hubungan data, sehingga penting untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing dalam menyajikan hasil yang representatif.

Selanjutnya, dibahas pula sejauh mana hasil yang diperoleh dari kedua metode tersebut menunjukkan tingkat konsistensi satu sama lain. Pertanyaan ini menjadi penting karena hasil yang stabil dan saling mendekati dapat meningkatkan kepercayaan terhadap keakuratan metode yang digunakan. Selain itu, perlu juga ditelusuri apakah terdapat selisih yang signifikan di antara nilai-nilai yang diperoleh, baik dalam bentuk galat absolut maupun relatif. Akhirnya, nilai koefisien gesekan yang telah dihitung digunakan dalam konteks penerapannya untuk memperkirakan besar energi yang hilang akibat gesekan saat suatu benda bergerak pada permukaan tertentu. Melalui analisis terhadap

pertanyaan-pertanyaan tersebut, laporan ini diharapkan dapat menunjukkan bagaimana teknik komputasi dapat digunakan secara efektif dalam memahami dan memodelkan fenomena fisis secara kuantitatif dan aplikatif.

Model Matematis

Secara teori fisika dasar:

$$F_{gesek} = \mu \cdot N$$

Dengan:

- **F_{gesek}** : Gaya gesek (N)
- **N** : Gaya Normal (N)
- **μ** : Koefisien gesekan (tanpa satuan)

$$y = \mu \cdot x \text{ (tanpa intersep, diasumsikan gaya gesek nol saat normal nol)}$$

Metodologi

1. Pengumpulan Data

Diambil 10 data acak gaya normal dan gaya gesek diperoleh dari hasil percobaan sebagai berikut:

No.	FN/Gaya Normal (N)	FG/Gaya Gesek(N)
1	11,24	3,65
2	43,65	14,86
3	32,16	10,61
4	27,74	9,51
5	21,23	6,82
6	16,30	5,63
7	47,56	15,66
8	39,19	13,00
9	34,13	11,57
10	14,53	5,12

Data diatas diambil acak dari mode **referensial** $\mu = 0,35$ dengan sedikit noise yang diambil dari tabel referensi berikut :

No	Permukaan	Rentang Statis (μ)	Referensi
1	Kayu - Kayu	0,25 - 0,50	engineeringtoolbox.com
2	Plastik - Logam	0,2 - 0,4	Halliday & Resnick, Fundamental of Physics
3	Logam - Logam	0,3 - 0,6	Tabel koefisien gesekan umum - panduan praktikum fisika dasar
4	Karet - Kayu	0,4 - 0,7	engineeringtoolbox.com
5	Nilai umum untuk permukaan kasar	$\sim 0,3 - 0,4$	Digunakan dalam banyak eksperimen laboratorium di universitas

2. Regresi Linear Tanpa Intersep

Dilakukan perhitungan terhadap jumlah F_n . F_f dan F^2N
diperoleh dari $\mu_{regresi} = 0.335$

3. Interpolasi Linier

- Dilakukan antar setiap dua titik data
- Nilai μ dihitung untuk setiap interval, dan kemudian dirata-ratakan.
- Diperoleh $\mu_{interpolasi} = 0.337$.

4. Analisis Galat

- Galat Absolut = 0.0020
- Galat Relatif = 0.60%

5. Visualisasi Data

- Grafik scatter plot dibuat untuk menunjukkan hubungan F_f terhadap F_N
- Grafik regresi ditambahkan sebagai representasi model linier.

Hasil dan Pembahasan

1. Data Percobaan

Data acak yang telah diurutkan :

No.	F_N /Gaya Normal (N)	F_G /Gaya Gesek(N)
1	11,24	3,65
2	14,53	5,12

3	16,30	5,63
4	21,23	6,82
5	27,74	9,51
6	32,16	10,61
7	34,13	11,57
8	39,19	13,00
9	43,65	14,86
10	47,56	15,66

Data ini digunakan untuk menghitung koefisien gesekan μ menggunakan dua metode: regresi linier tanpa intersep dan interpolasi linier antar-pasangan titik.

2. Analisis Regresi Linier Tanpa Intersep

2.1. Rumus Dasar

Model regresi tanpa intersep diasumsikan dalam bentuk:

$$FG = \mu * FN.$$

Nilai μ ditemukan dengan pendekatan least squares sebagai:

$$\mu_{\text{regresi}} = \Sigma(FN_i * FG_i) / \Sigma(FN_i^2), \text{ dengan } n = 10.$$

2.2. Perhitungan Manual

No	FN	FG	FN x FG	FN ²
1	11,24	3,65	41,01	126,34
2	14,53	5,12	74,45	211,17
3	16,30	5,63	91,77	265,69
4	21,23	6,82	144,83	450,74
5	27,74	9,51	263,42	769,29
6	32,16	10,61	341,16	1034,27
7	34,13	11,57	394,91	1164,84
8	39,19	13,00	509,47	1536,82

9	43,65	14,86	648,27	1906,32
10	47,56	15,66	744,46	2261,25
Total			3254,79	9725,62

Salah satu langkah penting adalah menghitung $\Sigma(FN \cdot FG)$ dan $\Sigma(FN^2)$. Setelah menjumlahkan data, diperoleh:

$$\Sigma(FN \cdot FG) = 3254,79$$

$$\Sigma(FN^2) = 9725,62$$

Sehingga:

$$\mu_{regresi} = 3254,79 / 9725,62 \approx 0,3347 \approx 0,335$$

3. Analisis Interpolasi Linier Antar-Pasangan Data

3.1. Rumus Interpolasi Segmental

Interpolasi linier antar-dua titik (FN_i, FG_i) dan (FN_{i+1}, FG_{i+1}) diasumsikan:

$FG \approx \mu_i \cdot FN$ untuk FN di antara FN_i dan FN_{i+1} ,

sehingga $\mu_i = (FG_{i+1} - FG_i) / (FN_{i+1} - FN_i)$.

3.2. Contoh Perhitungan Dua Segmen Pertama

Segmen 1 (Data 1 \rightarrow 2):

$$\Delta FG = 5,12 - 3,65 = 1,47, \Delta FN = 14,53 - 11,24 = 3,29,$$

$$\mu_1 = 1,47 / 3,29 \approx 0,447.$$

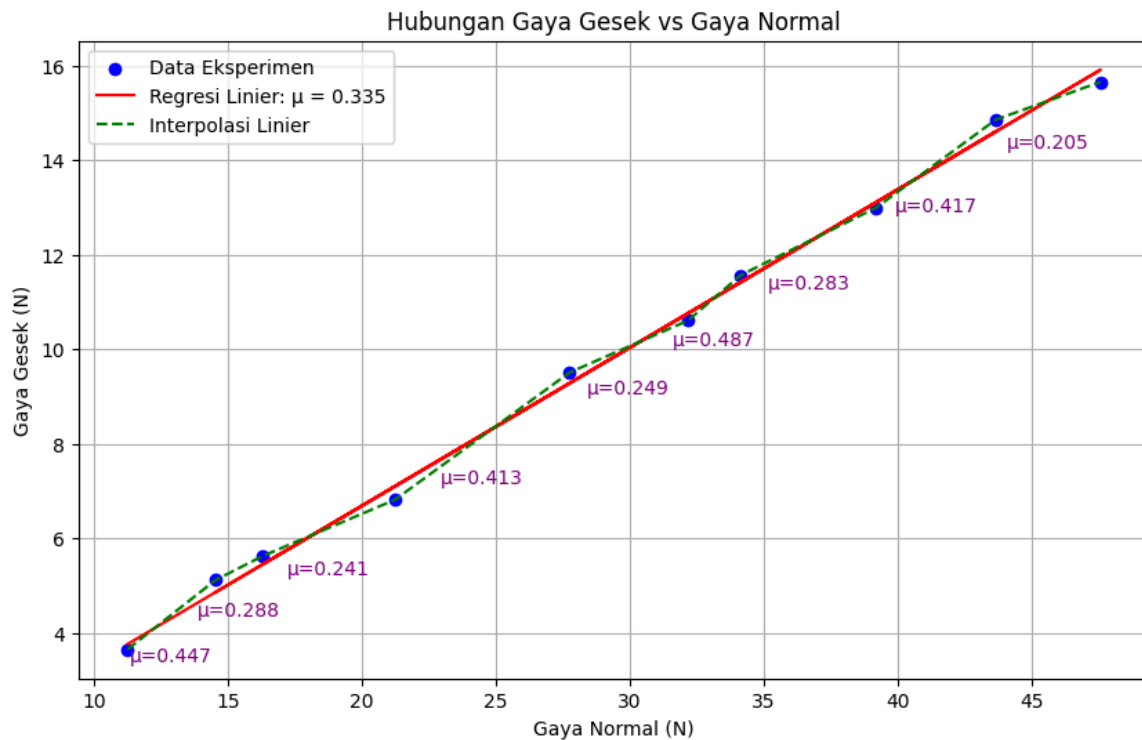
Segmen 2 (Data 2 \rightarrow 3):

$$\Delta FG = 5,63 - 5,12 = 0,51, \Delta FN = 16,30 - 14,53 = 1,77,$$

$$\mu_2 = 0,51 / 1,77 \approx 0,288.$$

Langkah yang sama diulangi hingga segmen ke-9. Setelah diperoleh semua μ_i , nilai rata-ratanya didapat : $\mu_{interp} \approx 0,337$

4. Grafik Analisis



5. Perbandingan Hasil Kedua Metode

Metode	Nilai	Keterangan
Regresi Linier	0,335	Satu nilai μ untuk semua d
Interpolasi	0,337	Rata rata dari 9 nilai μ_i
Selisih Absolut	0,002	0,6%

Selisih 0,002 (kurang dari 1%) menunjukkan bahwa kedua pendekatan memberikan estimasi koefisien gesekan yang sangat konsisten.

6. Pembahasan

5.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode

1. Regresi Linier Tanpa Intersep

- Kelebihan: Menggunakan seluruh titik data sekaligus sehingga hasil μ mewakili keseluruhan eksperimen. Lebih tahan terhadap data yang outlier.
- Kekurangan: Tidak menunjukkan variasi lokal pada rentang beban tertentu.

2. Interpolasi Linier Antar-Pasangan

- Kelebihan: Menunjukkan perubahan μ pada setiap rentang FN kecil dan mudah dihitung.
- Kekurangan: Sensitif terhadap kesalahan pengukuran pada satu titik, sehingga μ_i dapat bervariasi signifikan.

5.2. Interpretasi Nilai μ

- Nilai rata-rata $\mu \approx 0,335$ – $0,337$ berarti jika permukaan diberi gaya normal 10 N, gaya geseknya sekitar 3,35 N.
- Variasi lokal pada interpolasi (misalnya $\mu_1 \approx 0,447$, $\mu_2 \approx 0,288$) dapat disebabkan oleh kesalahan pengukuran, ketidakseragaman permukaan, atau perbedaan gesekan statis vs kinetis.

5.4. Keterbatasan Data dan Saran Lanjutan

- Jumlah Titik ($n = 10$): Menambah jumlah titik (misalnya 15–20) akan mengurangi ketidakpastian dan memberikan distribusi μ yang lebih halus.
- Jenis Permukaan: Jika permukaan berbeda (misalnya karet–logam), koefisien gesek bisa sangat berbeda, sehingga perlu eksperimen terpisah untuk setiap jenis permukaan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data percobaan, diperoleh nilai koefisien gesekan μ sebesar sekitar 0,335 melalui metode regresi linier tanpa intersep. Model regresi ini mendekati nilai referensi kami ($\mu = 0,35$) menandakan bahwa persamaan linier $FG = \mu FN$ sangat sesuai untuk menjelaskan hubungan antara gaya normal dan gaya gesek.

Selain itu, metode interpolasi linier antar-pasangan data menghasilkan rata-rata μ sekitar 0,33. Nilai interpolasi linier memiliki variasi nilai lokal yang beragam mengindikasikan adanya variasi lokal di beberapa rentang beban yang dapat muncul akibat perbedaan karakteristik permukaan atau kondisi pengukuran pada tiap segmen.

Selisih antara nilai koefisien gesekan dari kedua metode hanya sebesar 0,002 (sekitar 0,6%), yang menegaskan konsistensi kedua metode dalam mengestimasi nilai μ secara keseluruhan.

Penentuan nilai μ ini penting sebagai acuan dalam aplikasi teknik lain yang melibatkan gaya gesek pada permukaan serupa. Namun, perlu dicatat bahwa variasi lokal dapat terjadi jika kondisi permukaan atau metode pengukuran berbeda, sehingga disarankan untuk melakukan kalibrasi dan pengujian tambahan sesuai karakteristik material dan lingkungan.