

Modul Torsi Magnetik Praktikum Fisika Lanjutan

Asisten: Jason Kristiano

Tujuan Percobaan:

- Mempelajari cara mengukur momen magnet NdFeB di dalam cue ball dengan dua metode eksperimen yang berbeda
- Membuktikan bahwa di dalam medan magnet sejenis tidak ada resultan gaya pada dipol magnetik, yang ada hanya torsi magnetik.
- Membuktikan bahwa di dalam gradien medan magnet terdapat resultan gaya pada dipol magnet yang ditandai dengan penambahan panjang pegas.

Teori Dasar:

- Jelaskan apa itu torsi.
- Jelaskan apa itu momen magnetik dan magnetisasi suatu material.
- Jelaskan mengapa muncul gaya pada momen magnet akibat medan magnet. Berikan juga persamaan matematisnya.
- Jelaskan mengapa muncul torsi pada momen magnet akibat medan magnet. Berikan juga persamaan matematisnya.

Alat-alat:

- Coil magnet
- Bantalan udara (air bearing)
- Plastic tower kit
- Cue ball
- Power Supply
- Alat ukur: penggaris dan jangka sorong
- Bola pemberat dan plastik pemberat

Spesifikasi alat

Nama alat	Massa (g)	Diameter (cm)
Cue ball	142	5.37
Beban plastik	1.38	-
Beban pegas	1.00	-

Medan magnet yang dihasilkan arus sebesar 1A yang mengalir pada kumparan adalah $B = (1.36 \pm 0.03)mT$ dan $\partial B/\partial z = (1.69 \times 10^{-2})T/m$ di pusat kumparan. Untuk kenaikan arus mengikuti kelipatannya.

Percobaan 1 (Eksperimen statis: torsi magnetik sama dengan torsi gravitasi)

1. Menghubungkan pemberat dan cue ball dengan batang aluminium dan meletakkan cue ball pada bantalan udara.
2. Menyalakan catu daya dan pompa udara. Saklar gradien medan magnet dan lampu strobe tetap dalam keadaan mati. Mengatur saklar arah medan magnet ke arah atas.
3. Mengalirkan arus pada kumparan mulai dari 2.5A dan kemudian mengatur tinggi dari pemberat hingga posisi pemberat berada dalam keadaan setimbang 90° dari vertikal.
4. Mengambil cue ball dari bantalan dan mematikan semua perangkat eksperimen agar kumparan tidak panas karena disipasi energi. Mengukur panjang lengan pemberat dari pemberat ke pusat cue ball.
5. Mengulangi langkah di atas dengan variasi arus sampai 3.7A dengan interval 0.3A.
6. Membuat tabel pengamatan antara arus dengan panjang lengan pemberat.

Percobaan 2 (Osilasi harmonik pendulum sferis)

1. Melakukan pengaturan pada catu daya dengan menyalakan pompa udara, mengarahkan medan magnet ke atas, gradien medan magnet dan lampu strobe dalam keadaan mati.
2. Meletakkan cue ball pada bantalan udara kemudian mengalirkan arus pada kumparan sebesar 1A.

3. Mengkondisikan cue ball agar handlenya berada pada posisi vertikal, kemudian memberikan sentuhan pada handle agar cue ball beresilasi dengan amplitudo yang kecil. Menghitung waktu cue ball yang beresilasi sebanyak sepuluh kali dengan menggunakan stopwatch.
4. Membuat data pengamatan antara arus dengan periode osilasi yang diperoleh dengan mengulangi langkah di atas untuk arus 1-4A.

Percobaan 3 (Gaya magnet pada sistem pegas):

1. Mengencangkan sekrup pada magnet yang digantung. Mematikan medan magnet.
2. Mengukur posisi awal magnet pada tower kit. Menambahkan beban ke magnet yang digantung kemudian mengukur perubahan posisi magnet pada tower kit. Melakukan hal ini dengan penambahan beban hingga total penambahan beban mencapai 5 bola pejal dengan interval 1 bola.
3. Membuat data pengamatan pertambahan panjang terhadap penambahan beban.
4. Menghitung konstanta pegasnya.
5. Mengatur batang penahan sehingga dipol magnet tepat terdapat di tengah-tengah kumparan. Mengukur panjang batang yang muncul ke atas tutup sebagai acuan awal.
6. Menyalakan gradien medan magnet, menaikkan arus mulai dari 0.5A dan mengatur agar magnet bergerak ke bawah dan menarik pegas
7. Setelah magnet pegas memanjang, batang penahan ditarik ke atas sehingga magnet kembali berada di tengah-tengah. Mengukur ulang dan mencatat panjang batang yang muncul ke atas tutup.
8. Mengulangi langkah di atas dengan variasi arus pada kumparan hingga 3.5A dengan interval 0.5A.

Tidak ada tugas pendahuluan.

Data dan pengolahannya (30 poin)

1. Percobaan 1

- a. (2 poin) Turunkan persamaan yang menghubungkan lengan momen (r) dengan medan magnet (B).
- b. (2 poin) Buat tabel yang mengandung data arus (I), medan magnet (B), dan lengan momen (r).
- c. (5 poin) Lakukan regresi linear untuk memperoleh momen magnet (μ) beserta kesalahannya. Gambarkan grafik linearnya.

2. Percobaan 2

- a. (2 poin) Turunkan persamaan yang menghubungkan periode osilasi (T) dengan medan magnet (B).
- b. (2 poin) Buat tabel yang mengandung data arus (I), medan magnet (B), dan periode osilasi (T).
- c. (5 poin) Lakukan regresi linear untuk memperoleh momen magnet (μ) beserta kesalahannya. Gambarkan grafik linearnya.

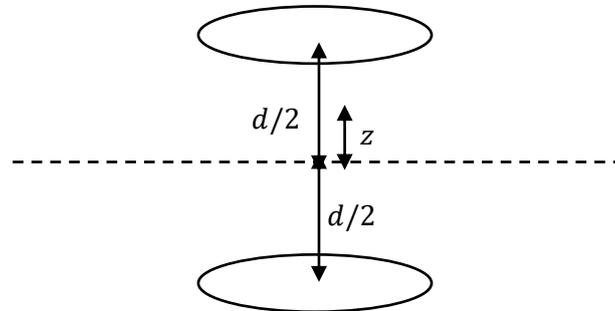
3. Percobaan 3

- a. (3 poin) Lakukan regresi linear untuk memperoleh konstanta pegas (k) beserta kesalahannya.
- b. (2 poin) Turunkan persamaan yang menghubungkan perubahan panjang pegas (z) dengan gradien medan magnet (dB/dz).
- c. (2 poin) Buat tabel yang mengandung data arus (I), gradien medan magnet (dB/dz), dan perubahan panjang pegas (z).
- d. (5 poin) Lakukan regresi linear untuk memperoleh momen magnet (μ) beserta kesalahannya. Gambarkan grafik linearnya.

Analisis (50 poin)

1. Sistem dua kumparan dapat menghasilkan medan magnet yang hampir konstan pada titik tengahnya. Untuk menghasilkan gradien medan magnet yang hampir konstan, hanya perlu mengubah arah arus salah satu kumparan. Tinjau sistem

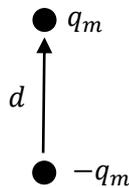
dua cincin seperti gambar berikut. Misalkan besar arus yang mengalir pada kedua kumparan adalah I dan kedua kumparan memiliki jari-jari sebesar R .



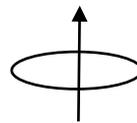
- a. (5 poin) Tentukan $B(z)$ untuk dua kasus, yaitu kedua kumparan memiliki arus searah dan kedua kumparan memiliki arus berlawanan.
 - b. (5 poin) Pada kasus kedua kumparan dengan arus searah, buktikan bahwa untuk z kecil ($z \ll d$), medan magnet dapat diaproksimasikan konstan. Petunjuk: ekspansi Taylor $B(z)$ dan buktikan bahwa suku orde-1 bernilai 0.
 - c. (5 poin) Pada kasus kedua kumparan dengan arus berlawanan, buktikan bahwa untuk z kecil ($z \ll d$), gradien medan magnet dapat diaproksimasikan konstan. Petunjuk: ekspansi Taylor $B(z)$ dan buktikan bahwa suku orde-2 bernilai 0.
2. (5 poin) Anda melakukan percobaan 1 dengan mengambil kondisi setimbang pada sudut $\theta = \pi/2$ terhadap garis vertikal. Apakah Anda dapat mengambil kondisi setimbang pada sudut lain? Jika ya, apakah Anda akan memperoleh hasil momen magnet (μ) yang sama?
 3. (5 poin) Apakah Anda memperoleh konstanta a yang tidak nol hasil regresi linear ($y = a + bx$) pada percobaan 1? Jika ya, mengapa konstanta a tidak bernilai nol? Jika tidak, cukup dengan menjawab tidak.
 4. (5 poin) Pada percobaan 2, mengapa terjadi osilasi pada momen magnetik di sekitar arah medan magnet? Apa syarat osilasi tersebut dapat diaproksimasi sebagai gerak harmonik sederhana (GHS)?
 5. (5 poin) Apakah momen magnet hasil percobaan 1 dan 2 berbeda signifikan? Perbedaan hasil dikatakan signifikan jika rentang nilai (mencakup kesalahan)

percobaan 1 tidak bersinggungan dengan rentang nilai percobaan 2. Jika tidak signifikan, cukup jawab tidak signifikan. Jika signifikan, jelaskan percobaan mana yang memberikan kesalahan yang paling kecil dan mengapa.

6. (5 poin) Pada percobaan 3, mengapa momen magnet memperoleh gaya dari gradien medan magnet? Mengapa medan magnet yang homogen tidak dapat memberikan gaya pada momen magnet?
7. (10 poin) Model momen magnet yang lazim digunakan adalah model Ampere, yaitu momen magnet sebagai loop arus yang sangat kecil. Seluruh analisis sebelum bagian ini menggunakan model tersebut. Model tersebut merupakan model yang fisis, karena medan magnet dihasilkan oleh arus. Akan tetapi, jika muatan magnet ditemukan terdapat model momen magnet yang lain yaitu model Gilbert yang memodelkan muatan magnet sebagai dua muatan magnet (q_m) dengan muatan yang berlawanan dan terpisah pada jarak yang sangat kecil (d). Momen magnet didefinisikan sebagai $\vec{\mu} = q_m \vec{d}$. Gaya pada muatan magnet akibat pengaruh medan magnet adalah $\vec{F} = q_m \vec{B}$. Misalkan momen magnet berada dalam medan magnet $\vec{B}(\vec{r})$.



Model Gilbert



Model Ampere

- a. Tentukan gaya pada momen magnet model Gilbert. Nyatakan dalam $\vec{\mu}$ dan $\vec{B}(\vec{r})$. Apakah sama dengan gaya pada model Ampere?
- b. Tentukan torsi pada momen magnet model Gilbert. Nyatakan dalam $\vec{\mu}$ dan $\vec{B}(\vec{r})$. Apakah sama dengan torsi pada model Ampere?
- c. Jika seluruh pengolahan data percobaan ini dilakukan dengan model Gilbert, apakah memberikan hasil yang sama?

(15 poin) Tuliskan kesimpulan percobaan ini.

(5 poin) Tuliskan referensi yang Anda gunakan.

