

KUANTIFIKASI INTERAKSI DIPOL MAGNET DENGAN METODE PENGUKURAN GAYA TOLAK PADA MAGNET

QUANTIFICATION OF MAGNETIC DIPOLE INTERACTION WITH MEASUREMENT METHOD OF REPRESENTATION ON MAGNETIC

Ananta Kusuma Yoga Pratama¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi
Email : ananta@untag-banyuwangi.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, telah dilakukan sebuah kuantifikasi interaksi dipol magnet melalui eksperimen pengukuran untuk mengukur gaya tolak magnet dan menghitung momen dipole magnetnya. Magnet yang digunakan adalah dua buah magnet Neodymium (NdFeB) berbentuk silinder dengan tinggi 0,5 inchi (1,27 cm) dan diameter 0,25 inchi (0,635 cm). Gaya tolak menolak antara dua buah magnet berbanding terbalik dengan r^4 , dengan r adalah jarak dua buah magnet. Dari hasil eksperimen didapatkan nilai momen magnet (m) sebesar $(42,0 \pm 1,4) \times 10^{-2}$ N/m.

Kata kunci: Gaya tolak; Momen magnet; Neodymium

ABSTRACT

In this research, a magnetic dipole interaction quantification has been carried out through measurement experiments to measure the magnetic repulsion and calculate the magnetic dipole moment. The magnets used are two cylindrical Neodymium (NdFeB) magnets with a height of 0.5 inches (1.27 cm) and a diameter of 0.25 inches (0.635 cm). The repulsion between two magnets is inversely proportional to r^4 , where r is the distance between the two magnets. From the experimental results, the value of the magnetic moment (m) is $(42.0 \pm 1.4) \times 10^{-2}$ N/m.

Keywords: Repulsive force; Magnetic moment; Neodymium c

PENDAHULUAN

Interaksi dipol magnet adalah salah satu subyek utama dalam fisika secara umum dan elektromagnetisme. Sebagai contoh, sebuah gaya yang bekerja pada sebuah dipol magnet yang ditempatkan dalam sebuah medan magnet yang tidak seragam digunakan dalam model klasik dari paramagnetisme (Bisquert, dkk, 1990). Meski demikian, dalam bahasan fenomena elektromagnetik, kesulitan utama yang dihadapi peserta didik salah satunya adalah terkait dengan lemahnya pemaahan konsep (Li dan Singh, 2016) (McColgan, dkk, 2017).

Kegiatan eksperimental merupakan sumber pengetahuan yang signifikan dalam praktek belajar mengajar fisika, karena menawarkan kesempatan untuk mengontekstualisasikan konsep yang terlihat abstrak (Onorato dan Malgieri, 2020). Dalam penelitian ini, kami menyajikan eksperimen sederhana dan praktis yang bertujuan untuk mengeksplorasi secara kuantitatif interaksi magnetik dengan menggunakan bahan berbiaya rendah. Tujuan eksperimen ini untuk mengukur nilai momen dipol magnet m dengan menggunakan dua buah magnet permanen Neodymium yang identik (magnet silinder kecil).

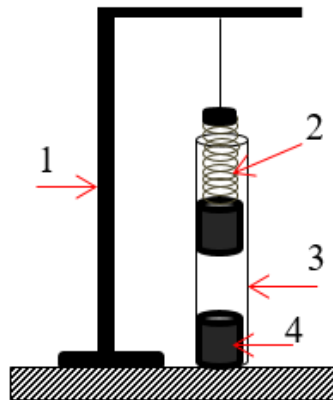
Metode pengukuran dalam eksperimen ini yaitu mencari hubungan antara F dan $1/r^4$ (González, 2016) pada kasus tolak menolak magnet. Dua buah magnet permanen yang identik akan diposisikan saling berhadapan secara vertikal, dengan variasi jarak dari pusat ke pusat massa (z) magnet.

Ketika sebuah dipol magnet ditempatkan dalam sebuah medan magnet luar \mathbf{B} , dipol memiliki energi potensial diberikan oleh $U = -\mathbf{m} \cdot \mathbf{B}$ dengan \mathbf{m} adalah momen magnet. Potensial dipol pada sebarang titik (r, θ, φ) adalah $A = \frac{\mu_0 m \sin \theta}{4\pi r^2}$. Medan magnet terbentuk oleh sebuah dipol magnet diberikan (dalam koordinat polar) oleh $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$. Jika dipol dengan momen magnet m sama dan sumbunya yang lurus dipisahkan oleh sebuah jarak z , untuk sembarang titik pada sumbu z ($r \rightarrow z, \hat{r} \rightarrow \hat{z}, \theta \rightarrow 0$), maka $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 m}{2\pi z^3} \hat{u}_z$. Sehingga $\mathbf{F} = -\nabla U = \pm \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{3m^2}{z^4} \hat{u}_z$.

METODE PENELITIAN

Susunan alat eksperimen ditunjukkan pada Gambar 1. Gaya antara dua dipol magnet yang sama diukur dengan menggunakan dinamometer pegas yang dirangkai secara manual. Pada pengukuran gaya tolak-menolak antara dua dipol magnet, dipasang tabung ukur transparan untuk mendapatkan keseimbangan stabil antara dua magnet. Sebuah magnet NdFeB silinder diposisikan pada alas (dasar) pada tabung. Magnet identik lainnya lainnya, dihubungkan pada pegas, diposisikan secara vertikal pada jarak z terhadap magnet pada alas. Orientasi kutub magnet pada alas diatur agar sejenis dengan magnet pada pegas, sehingga magnet yang terhubung pada pegas akan ditolak oleh magnet pada alas tabung.

Pegas yang terhubung dengan magnet digantungkan pada tiang statis menggunakan pengait.



Gambar 1. Susunan alat eksperimen dengan komponen 1) statif; 2) pegas; 3) tabung transparan; 4) magnet NdFeB silinder.

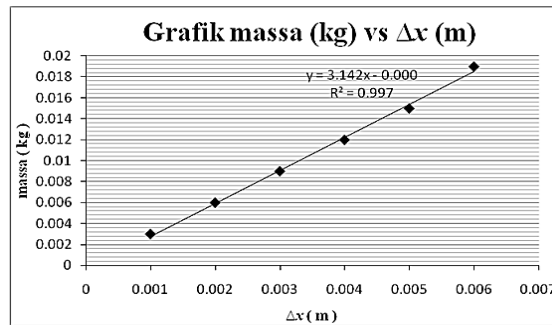
Magnet NdFeB silinder yang digunakan dalam pengukuran ini adalah tingginya 1,27 cm dan diameternya 0,635 cm. Untuk mengukur jarak dari pusat ke pusat antara magnet pada pegas dan magnet alas, dilakukan dengan menggunakan mistar. Pengukuran dilakukan pada jarak antara pusat ke pusat karena diasumsikan bahwa magnet adalah dipol. Diameter tabung dibuat pas dengan diameter magnet agar dalam pengukuran gayanya, posisi antara dua magnetnya stabil dan menghindari perputaran di dalam tabung. Dengan demikian nilai momen dipol magnet m yang didapat akan lebih akurat. Momen dipol magnetnya akan diukur dengan bantuan sebuah metode statis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam eksperimen ini pengambilan data terdiri dari dua tahap yaitu pengambilan data untuk menentukan konstanta pegas dan pengambilan data untuk menghitung nilai momen magnetnya.

Untuk menentukan konstanta pegas, panjang awal pegas dicatat sebagai x_0 . Kemudian pegas diberi beban bermassa lalu diukur panjangnya dan dicatat

sebagai x . pegas selisih panjang pegas akan dicatat sebagai Δx . Diulangi untuk beberapa kali variasi massa sehingga didapatkan nilai Δx untuk masing-masing massa. Dari grafik massa versus Δx akan didapatkan gradien sehingga bisa dicari konstanta pegas k nya. Hasil pengukuran konstanta pegas tersaji pada grafik Gambar 2, dengan nilai $k = (3,12 \pm 0,03) \text{ N/m}$.



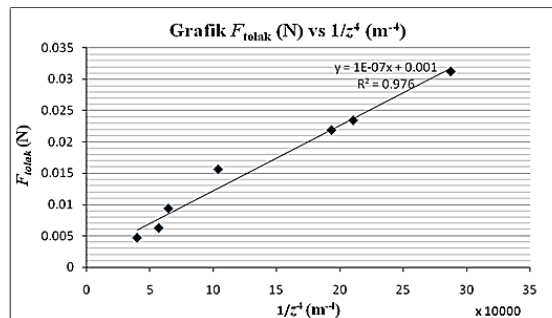
Gambar 2. Grafik pengukuran massa (kg) vs Δx (m) pegas.

Pada pengukuran gaya tolak menolak, digunakan pegas yang jarak antar kumparannya lebih renggang, untuk memudahkan pengukuran. Jika jarak antara kumparan pegasnya rapat, maka perpendekan pegasnya akan sulit terukur, sehingga variasi z akan terbatas, yang juga mengakibatkan minimnya jumlah data yang diperoleh.

Gaya F yang terjadi antara dua dipol magnet tergantung pada jarak z diantara pusat-pusatnya. Dengan metode linier kuadrat terkecil atau regresi linier dari gaya F versus $1/z^4$, menghasilkan sebuah kemiringan (gradien) yang diberikan oleh $3\mu_0 m^2 / 2\pi$. Pengukuran gaya F dilakukan pada kondisi ketika dipol magnetnya tolak-menolak.

Jarak pengapungan awalnya diukur yaitu sekitar 41 mm. Pada kondisi pengapungan ini, magnet pada pegas menjadi tidak stabil dan cenderung bergerak membalik menjauhi kutub magnet alas. Oleh karenanya, pengukuran gaya tolak-menolaknya dilakukan dalam sebuah tabung ukur yang berfungsi sebagai wadah, agar ketika pengukuran, kedua kutub magnet-magnetnya tetap stabil dan searah dengan sumbu z . Pegas akan akan memendek sejauh Δz menjauhi magnet alas ketika magnet pada pegas mendeteksi medan magnet dari magnet alas sehingga dilakukan variasi nilai z .

Grafik hasil pengukuran gaya tolak-menolak antara kedua magnetnya versus invers pangkat empat jarak pusat massa ke massa antar dipol magnetnya disajikan pada Gambar 3. Melalui perhitungan analisa regresi linear, didapatkan gradien grafik adalah $b = (1,04 \pm 0,07) \times 10^{-7}$, sedangkan nilai perpotongan dengan sumbu y nya adalah $c = 0,002$. Sehingga pada kasus gaya tarik-menarik antara dua dipol, momen magnetnya adalah $m = (42,0 \pm 1,4) \times 10^{-2} \text{ A.m}^2$.



Gambar 2. Grafik pengukuran $F_{\text{tolak}} \text{ (N)}$ vs $1/z^4 \text{ (m}^{-4}\text{)}$.

Hasil pengukuran gaya tolak-menolak mendekati nilai berat magnet pegas (0,03 N) ketika jarak pemisah antara magnetnya sangat besar dan magnet pada pegas tidak dapat mendeteksi magnet alas pada jarak lebih dari 71 mm. Pada kasus tolak-menolak ini, tantangan pengukurannya yaitu kondisi sistem yang tidak stabil menjadi faktor utama kesulitan dalam pengambilan data. Posisi magnet yang terhubung dengan pegas pada kasus tolak-menolak tidak tepat lurus searah dengan sumbu z . Akibat dari ketidakstabilan posisi magnet di atas, ketika perpendekan pegasnya terlalu kecil untuk variasi z yang berdekatan, maka seolah-olah tidak terjadi perpendekan pegas sehingga sulit untuk menentukan nilai perpendekan pegasnya.

Walaupun menggunakan pegas dengan konstanta pegas yang berbeda untuk masing-masing kasus, ternyata nilai momen magnet hasil perhitungan untuk kedua kasus adalah hampir sama. Melalui nilai perambatan ralatnya, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan nilai momen magnetnya adalah sama untuk dua kasus yang terjadi.

Penggunaan magnet NdFeB dalam pengukuran gaya magnetnya memberikan pengaruh yang signifikan dalam proses pengukuran gaya antara dua

dipol magnetnya. Dengan kuatnya medan magnet yang dihasilkan magnet NdFeB ini, maka variasi z yang cukup lebar dapat dilakukan sehingga pengukuran gaya antara dua magnetnya lebih mudah dilakukan.

KESIMPULAN

Eksperimen ini menggambarkan konsep dari sebuah medan dipol, dan juga interaksi antara dua dipol magnet. Interaksi yang terjadi antara dua magnet tersebut akan menghasilkan gaya magnet sebanding dengan $1/r^4$. Pada kasus gaya tolak-menolak antara dua dipol magnet, momen magnetnya adalah $m = (42,0 \pm 1,4) \times 10^{-2}$ N/m.

DAFTAR PUSTAKA

- Bisquert, E. Hurtado, S. Mafe, and J. Pina. 1990. Oscillations of a dipole in a magnetic field: An experiment. *American Journal Physics*. 589, halaman 838–843.
- Li, J. dan Singh, C., 2016. Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. *European Journal of Physics*, 38(2), p.025702.
- McColgan, M. W., Finn, R. A., Broder, D. L., dan Hassel, G. E. 2017. Assessing students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020121.
- Onorato, P., dan Malgieri, M. 2020. Experiments and models about the force between permanent magnets: asymptotic analysis of a difficult problem. *European Journal of Physics*, 41(2), 025202.
- González, M. I. 2016. Forces between permanent magnets: experiments and model. *European Journal of Physics*, 38(2), 025202.