

Pengukuran Gaya Interaksi Antar Dipol Magnet

Edward Arung¹, Ign. Edi Santosa²

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma

Paingan, Maguwohardjo Depok Sleman, Yogyakarta

¹ edward.arung014@gmail.com, ² edi@dosen.usd.ac.id

Abstrak – Telah dilakukan pengukuran gaya interaksi antar magnet permanen. Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa gaya interaksi antar magnet tergantung pada jarak dan konfigurasi magnet. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketergantungan gaya interaksi terhadap jarak antar magnet. Pada eksperimen ini magnet NdFeB mengalami gaya karena berada di dalam medan magnet dari magnet yang lain. Nilai gaya interaksi pada berbagai jarak pemisah magnet, diukur dengan sensor gaya buatan Vernier. Terdapat hubungan linear antara gaya interaksi dengan invers jarak pangkat empat. Dari hubungan ini dapat ditentukan nilai momen magnet satu keping magnet sebesar $m = (0,24 \pm 0,02) \text{ A m}^2$.

Kata kunci: medan magnet, gaya magnetik, jarak antar magnet, sensor gaya, momen magnet.

Abstract – The magnetic interaction between permanent magnets has been investigated. The previous experiment has stated that the interaction force between permanent magnet depends on its distance and their magnet configuration. The aim of this investigation was to determine the relation between the magnetic force and the distance. In this experiment, the NdFeB magnet was placed inside a magnetic field of another magnet, while the magnetic force was measured by its magnet distance variation. The magnetic force is measured using a force sensor by Vernier. It can be concluded that there is a linear relation between the magnetic force and the power of four of the inverse of magnet distance. The measured magnetic moment is determined as $m = (0.24 \pm 0.02) \text{ A m}^2$.

Keywords: magnetic field, magnetic force, distance, force sensor, magnetic moment.

I. PENDAHULUAN

Pembahasan gaya interaksi antar magnet jarang ditemui di buku-buku teks listrik magnet maupun fisika dasar. Untuk bidang kelistrikan pembahasan dimulai dengan gaya interaksi antar muata listrik. Dengan konsep ini kemudian dilanjutkan dengan medan listrik dan potensial listrik. Sedang pada kemagnetan biasanya langsung ditunjukkan besarnya medan magnet.

Pada bidang elektromagnetika ditunjukkan bahwa kelistrikan dan kemagnetan tidak terpisahkan. Karena itu cara pandang di kelistrikan dapat digunakan untuk membahas bidang kemagnetan.

Onorato et al., membuat model interaksi dan mengamatinya dengan eksperimen secara statis maupun dinamis. Beberapa magnet silinder ditempatkan pada tabung gelas vertikal secara berselang seling kutub-kutubnya, sedemikian sehingga antar magnet yang berdekatan selalu ada gaya tolak. Pada keadaan setimbang jarak antar magnet diukur dengan menggunakan bantuan kamera. Dari jarak ini dapat ditunjukkan gaya interaksinya mengikuti bentuk mendekati invers kwadrat jarak antar magnet. Hal yang sama teramati secara dinamis ketika satu magnet bergerak turun mendekati magnet lain yang akan menolaknya. Gejala osilasi gerak magnet menunjukkan bahwa gaya interaksi antar magnet mengikuti invers kwadrat jaraknya [1].

Gaya interaksi antara dua magnet yang sama diukur oleh Castañer et.al. menggunakan dynamometer [2]. Magnet yang digunakan adalah magnet yang sangat kuat medannya yaitu magnet NdFeB yang memiliki remanen sebesar 1,2 T. Dari eksperimennya didapatkan bahwa

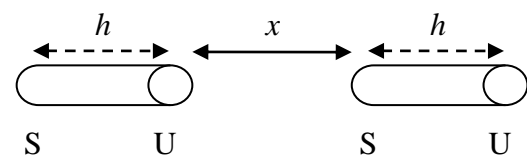
gaya interaksinya mengikuti invers jarak pangkat 4 (empat).

Kraftmakher mengukur gaya antar magnet untuk berbagai orientasi. Posisi magnet yang berinteraksi tidak hanya sesumbu. Untuk itu magnetnya diputar dan gaya interaksinya diukur dengan sensor gaya selama pemutaran. Dengan cara semacam ini pengukuran menjadi lebih cepat dilakukan [3].

Kodama mengukur besarnya medan magnet dengan mengamati simpangan jarum kompas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ketergantungan medan magnet terhadap jarak tergantung pada bentuk magnetnya. Pada magnet batang, medan magnet berbanding terbalik dengan kwadrat jarak, sedang untuk magnet keping medan magnet berbanding terbalik dengan jarak pangkat tiga [4].

II. LANDASAN TEORI

Interaksi antara dua magnet batang dengan panjang masing-masing h , ditunjukkan pada Gambar 1. Jarak antara kedua magnet adalah x . Pada keadaan ini akan terdapat gaya tarik menarik antara kedua magnet. Gaya tersebut dapat diperoleh dari interaksi antar kutub yang ada



Gambar 1. Dua magnet batang panjang h terpisah sejauh x .

Dengan pendekatan ini akan didapatkan nilai gaya interaksinya mengikuti persamaan [1]

$$F \propto \frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2h)^2} - \frac{2}{(x+h)^2} \quad (1)$$

sedang untuk x yang besar nilai gayanya akan mengikuti

$$F \propto \frac{1}{x^4} \quad (2)$$

Persamaan (2) dapat diperoleh dari pendekatan dipol. Penghitungan besarnya tenaga potensial dipol magnet yang berada di dalam medan magnet luar B mengikuti [2]

$$U = \frac{\mu_0 m^2}{2 \pi x^3} \quad (3)$$

dengan μ_0 : permeabilitas ruang hampa
 m : momen magnet

Dari persamaan (3) dapat diperoleh nilai gaya interaksinya adalah

$$F = \frac{\mu_0 m^2}{2 \pi} \frac{3}{x^4} \quad (4)$$

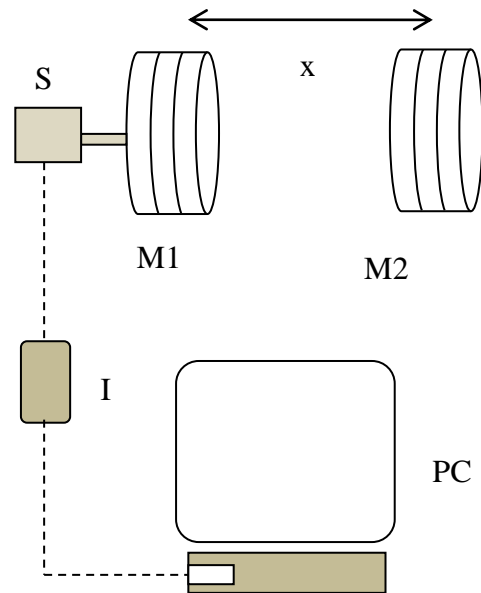
III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Pada eksperimen ini digunakan magnet NdFeB berbentuk keping dengan ukuran tebal keping 1,7 mm dan diameternya 15 mm. Beberapa keping magnet ini dapat digabungkan sehingga didapat susunan magnet yang lebih panjang. Interaksi antar magnet diukur pada dua susunan magnet yang sama panjangnya.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan susunan peralatan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut contoh susunan magnet M1 dan M2 yang digunakan terdiri dari 3 (tiga) buah keping magnet. Salah satu susunan magnet (M1) ditempelkan pada ujung sensor gaya, sedang magnet yang lain (M2) ditempatkan pada jarak tertentu. Penempatan kedua magnet diatur agar selalu satu sumbu. Sensor gaya yang digunakan adalah sensor gaya buatan Vernier dengan resolusi sebesar 0,05 newton. Sensor ini dihubungkan dengan komputer melalui *interface* LabPro. Perekaman data dan analisa data menggunakan *software* LoggerPro. Gaya interaksinya diukur untuk setiap jarak antar magnet.

Hasil eksperimen ini selanjutnya akan dianalisa untuk mengetahui ketergantungan gaya terhadap jarak. Untuk itu, dibuat grafik hubungan antara gaya terhadap invers jarak kwadrat, serta grafik hubungan gaya terhadap invers jarak pangkat empat. Pembuatan grafik dilakukan dengan menggunakan fasilitas yang ada dalam *software* LoggerPro.

Selain itu juga akan ditentukan besarnya nilai momen magnet dengan menggunakan persamaan (4).



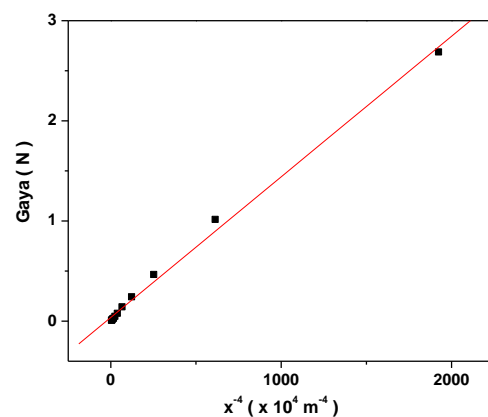
Gambar 2. Susunan peralatan yang digunakan dalam eksperimen. Dua buah susunan magnet M1 dan M2 terpisah sejauh x . Magnet M1 berada di ujung sensor gaya S yang dihubungkan ke komputer PC melalui interface I.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada eksperimen ini telah dilakukan pengukuran gaya untuk berbagai konfigurasi magnet. Pasangan magnet yang pertama masing-masing terdiri dari 3 (tiga) keping. Selanjutnya diukur juga pasangan yang terdiri dari 5 keping dan pasangan yang terdiri dari 7 keping.

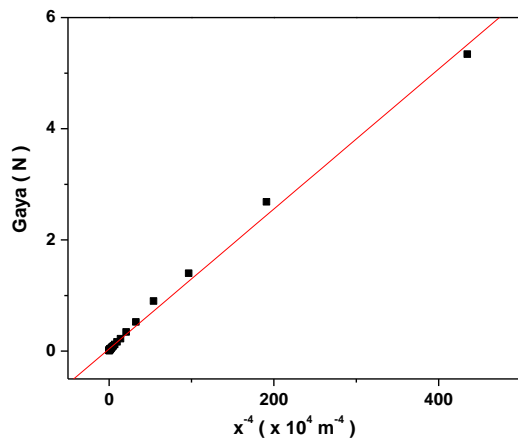
Hasil pengukuran untuk pasangan yang terdiri dari 3 keping ditunjukkan pada gambar 3. Gambar 3 menunjukkan besarnya gaya interaksi terhadap invers jarak pangkat empat. Pada gambar tersebut juga ditampilkan garis linear terbaik yang dapat dibuat berdasar titik titik data.

Pada Gambar 3, tampak secara visual bahwa garis linear yang mengikuti garis linear. Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa gaya mengikuti hubungan linear terhadap invers jarak pangkat empat.



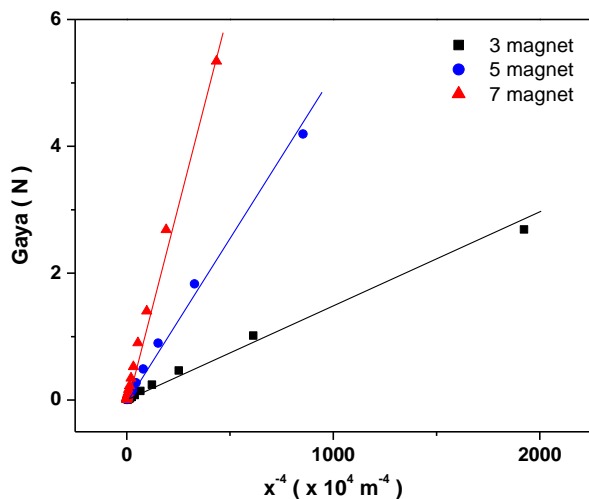
Gambar 3. Hubungan antara gaya terhadap invers jarak pangkat empat, untuk pasangan susunan magnet yang masing-masing terdiri dari 3 (tiga) keping magnet.

Untuk mengetahui efek panjang magnet terhadap gaya interaksi, pengukuran gaya juga dilakukan pada susunan magnet yang terdiri dari 5 keping dan 7 keping. Hasil pengukuran untuk susunan magnet yang terdiri dari 7 keping magnet terlihat pada gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear antara gaya terhadap invers jarak pangkat empat.



Gambar 4. Hubungan antara gaya terhadap invers jarak pangkat empat, untuk pasangan susunan magnet yang masing-masing terdiri dari 7 (**tujuh**) keping magnet.

Dengan hasil-hasil di atas tampak bahwa hubungan antara gaya dan jarak mengikuti persamaan (4). Meskipun caranya berbeda hasil ini sesuai dengan eksperimen Onorato et.al dan Kraftmakher [1, 3]. Selanjutnya gambar ketiga interaksi tersebut ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara gaya terhadap invers jarak pangkat empat, untuk tiga pasangan susunan magnet. Susunan magnet yang digunakan terdiri dari 3 keping magnet (■), 5 keping magnet (●) dan 7 keping magnet (▲)

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada jarak yang sama, besarnya gaya ditentukan oleh susunan magnet yang digunakan. Dari tiga susunan yang digunakan, tampak bahwa kenaikan gaya sesuai dengan kenaikan jumlah

magnet keping yang ada dalam susunan magnet. Sesuai persamaan (4) pada jarak yang sama, besarnya gaya tergantung pada momen magnet dari magnet yang berinteraksi. Pada sebuah susunan magnet, semakin banyak magnet keping yang digunakan, akan semakin besar pula momen magnetnya. Hal ini menyebabkan medan magnet yang dihasilkan juga akan semakin besar. Karena itu gaya antar susunan magnet juga semakin besar, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kemiringan grafik berbeda, tergantung pada jumlah magnetnya. Kemiringan grafik ini ditunjukkan dengan perbedaan nilai gradien seperti yang disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya nilai momen magnet dapat dihitung dari nilai gradien ini menggunakan persamaan (4). Hasil momen magnet pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin banyak magnet keping yang digunakan semakin besar momen magnetnya, seperti yang disajikan pada Gambar 6.

Tabel 1. Nilai gradien grafik hubungan gaya terhadap invers jarak pangkat empat dan momen magnet m , untuk berbagai susunan magnet.

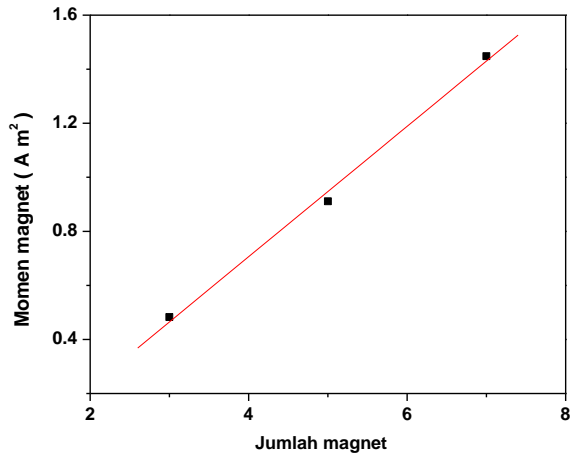
Magnet	Gradien (10^{-7} N m^4)	m (A m^2)
3	$1,4 \pm 0,1$	$0,48 \pm 0,01$
5	$5,0 \pm 0,1$	$0,91 \pm 0,02$
7	$12,6 \pm 0,2$	$1,45 \pm 0,02$

Gradien dari gambar 6 menunjukkan nilai momen magnet untuk satu buah keping magnet yaitu sebesar

$$m = (0,24 \pm 0,02) \text{ A m}^2$$

Momen magnet inilah yang menentukan besarnya gaya yang akan dialami magnet ketika berada di dalam medan magnet luar. Dari pengukuran gaya ini secara kualitatif juga dapat ditentukan nilai medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Data eksperimen menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antar magnet, gayanya semakin kecil. Hal ini berarti bahwa semakin jauh titik pengamatan dari magnet permanen, medan magnetnya juga semakin kecil. Pengamatan semacam ini sesuai dengan hasil sebelumnya yang dilakukan oleh Kodama [4].

Pada eksperimen ini pengukuran dilakukan dengan menempatkan secara tetap satu susunan magnet pada sensor gaya. Susunan magnet yang lain ditempatkan pada titik dengan jarak tertentu dari susunan magnet yang pertama. Kedudukan susunan magnet ini harus sesumbu. Ketidakpastian pengukuran dapat berasal dari penempatan magnet yang digunakan.



Gambar 6. Hubungan antara momen magnet terhadap jumlah keping magnet.

Untuk keperluan pedagogi, eksperimen ini dapat digunakan untuk bahan praktikum. Pelaksanaan eksperimen dapat dilakukan oleh mahasiswa dalam waktu yang relatif singkat. Secara kuantitatif mahasiswa dapat menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya gaya interaksi antar magnet permanen.

V. KESIMPULAN

Terdapat hubungan linear antara gaya dengan invers jarak pangkat empat. Nilai gaya juga ditentukan oleh besarnya momen magnet.

PUSTAKA

- [1] P. Onorato, P. Mascheretti and A. DeAmbrosis, Investigating the magnetic interaction with Geomag and Tracker Video Analysis: static equilibrium and anharmonic dynamics, *Eur. J. Phys.*, vol 33, 2012, pp 385–395.
- [2] R. Castañer, J. M. Medina, and M.J. Cuesta-Bolao, The magnetic dipole interaction as measured by spring dynamometers, *Am. J. Phys.*, vol. 74, 2006, pp 510 -513.
- [3] Y. Kraftmakher, Magnetic field of a dipole and the dipole–dipole interaction, *Eur. J. Phys.* vol 28, 2007, pp 409–414.
- [4] K Kodama, A simple demonstration of a general rule for the variation of magnetic field with distance, *PHYSICS EDUCATION*, vol 44 (3), 2009, pp 276-280.

TANYA JAWAB

Aan Suciarahmat (UAD, Yogyakarta)

? Apa Jenis magnet yang digunakan dalam eksperimen gaya antar dipol magnet untuk keperluan pembelajaran ?

Edward Arung (USD, Yogyakarta)

@ Untuk keperluan pembelajaran jenis magnet yang digunakan dapat bervariasi untuk mengukur gaya magnet dari berbagai magnet. Untuk hasil yang baik, digunakan magnet NdFeB karena memiliki interaksi antarmagnet yang cukup kuat.

Y. Wahyudi U (SMA Kolose Loyola)

? Bagaimana dengan jumlah data ? mengapa hanya tiga yang disajikan pada grafik, apakah tidak lebih baik jika diperbanyak ?

Edward Arung (USD, Yogyakarta)

@ Pada grafik hubungan momen magnet terhadap jumlah magnet, jumlah data disesuaikan dengan analisis data jumlah pasangan magnet yang digunakan. Untuk data penelitian hubungan nilai gaya terhadap invers pangkat empat jarak pakai 10 (sepuluh) data untuk tiap pasangan magnet.

Fransiskus T Lahagu (USD, Yogyakarta)

? Kesulitan yang dialami saat melakukan percobaan?

Edward Arung (USD, Yogyakarta)

@ Pelaksanaan dan Pengambilan data. Desain alat harus ditentukan terlebih dahulu agar mempermudah teknis pelaksanaan. Untuk pengambilan data diperlukan ketelitian dalam menentukan perubahan jarak magnet. Selain itu nilai gaya yang terukur tidak dapat langsung menjadi data tetapi ditentukan setelah nilai gaya yang terukur itu konstan.