

Rancang Bangun Pembangkit Medan Magnet Homogen Untuk Aplikasi dalam Pembuatan Membran

The Design of a Homogeneous Magnetic Field Generator for Applications in Membrane Making

Ida Ayu Putu Inten Gayatri, Ni Nyoman Rupiasih*, Made Sumadiyasa

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: inten.gayatri@student.unud.ac.id; *rupiasih@unud.ac.id; sumadiyasa@unud.ac.id

Abstrak – Telah dirancang sistem pembangkitan medan magnet homogen (B) di dalam suatu ruangan tertentu. Ini penting untuk dapat melakukan penelitian terkait dengan efek paparan medan magnet terhadap reaksi kimia, khususnya dalam proses pembuatan membran. Pembangkitan dilakukan dengan menggunakan empat buah kumparan Helmholtz yang masing-masing dengan jari-jari (R) 15 cm dan jumlah lilitan (N) 130 lilitan, dipasang secara paralel dan koaksial. Untuk menghasilkan medan magnet yang homogen di antara dua kumparan maka kumparan dipasang pada jarak yang sama dengan jari-jari kumparan. Pada hasil peralatan dilakukan uji karakteristi medan magnet homogen yang dihasilkan dan arus (I). Jika x adalah jarak dari titik tengah ke dua kumparan ke jarak tertentu, maka medan homogen yang dihasilkan berada pada rentang daerah $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$, daerah di antara dua kumparan tersebut. Besar medan magnet homogen yang dihasilkan sangat bergantung pada arus listrik yang diberikan.

Kata kunci: medan magnet, arus listrik, kumparan Helmholtz, homogen, jarak di antara koil

Abstract – It has been designed a homogeneous magnetic field (B) generation system in a particular room. This is important to conduct research related to the effects of magnetic field exposure on chemical reactions, especially in the process of making membranes. The development was carried out using four Helmholtz coils which radius (R) of 15 cm and number of turn (N) of 130 turns, that connected in parallel and coaxial. The both coils were fixed at the same distance as the radius of the coil that intended to get a homogeneous magnetic field between the both coils. The design has been tested by measuring a magnetic field generated as function of a current (I) given. The results show that, for x is the distance from the midpoint of the both coils to a certain distance, the homogeneous magnetic field obtained in the region of $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$, the area between the both coils. The magnitude of the homogeneous magnetic field produced depends on the electric current given.

Keywords: magnetic field, electric current, Helmholtz coil, homogeneous, distance between coils

1. Pendahuluan

Reaksi kimia yang melibatkan *intermediate radical* dapat dipengaruhi oleh medan magnet, yaitu dapat mengubah laju, hasil, atau distribusi produk [1]. Efek tersebut telah dipelajari secara ekstensif dalam cairan, zat padat dan media yang terbatas seperti *micelles* [2]. Untuk penelitian tersebut diperlukan penggunaan medan magnet yang homogen (seragam) pada daerah tertentu. Oleh karenanya perlu dibuat desain peralatan untuk pembangkitan medan magnet yang homogen. Dalam hubungannya dengan pembangkitan medan dengan menggunakan kumparan Helmholtz, beberapa peneliti telah melaporkan bahwa pengaruh penambahan jumlah lilitan dan kuat arus pada kumparan Helmholtz mengakibatkan medan magnet yang dihasilkan semakin besar [3-6].

Dalam penelitian ini telah dibuat peralatan untuk pembangkitan medan magnet homogen pada daerah yang cukup luas untuk dapat melakukan penelitian tentang efek medan magnet pada sintesis suatu senyawa/material. Besaran yang diukur adalah medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan Helmholtz sebagai fungsi dari arus, jarak dan jumlah lilitan.

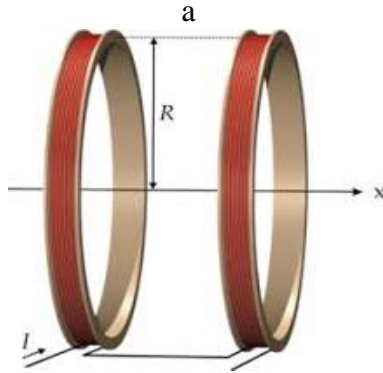
2. Dasar Teori

Medan magnet dapat dihasilkan oleh kumparan Helmholtz, dan untuk menghasilkan medan magnet homogen dalam daerah/luasan tertentu dapat digunakan dua kumparan yang dipasang pada jarak yang sama dengan jari-jari kumparan seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Kedua kumparan dihubungkan secara seri dan diberi arus listrik searah (DC).

Dari hukum Biot-Savart dapat diturunkan bahwa besar medan magnet B pada jarak x dari pusat lingkaran di sepanjang sumbu koil adalah: [1]

$$B = \frac{\mu_0 INR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (1)$$

Secara teoritis, besar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz bergantung pada arus listrik I yang diberikan, jumlah lilitan N , serta jari-jari kumparan R dan jarak x (jarak dari titik tengah kedua kumparan ke titik tertentu). Konstanta permeabilitas ruang hampa yaitu μ_0 , yang besarnya $= 4\pi \times 10^{-7}$ V.s/A.m.



Gambar 1. Rangkaian kumparan Helmholtz [7].

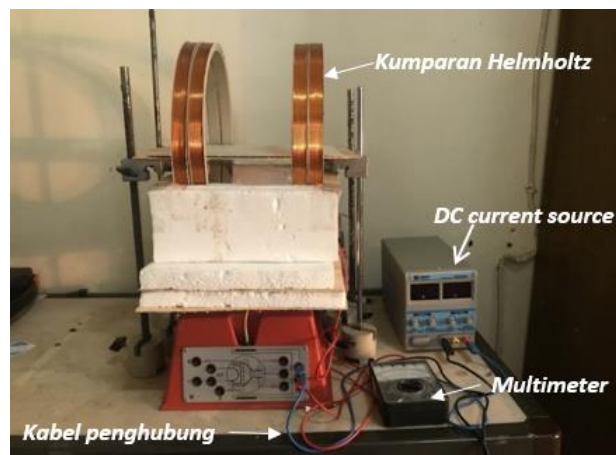
Untuk dua kumparan yang identik dipasang parallel dan koaksial dengan jarak antara koil adalah a seperti Gambar 1, besar medan magnet sepanjang sumbu koil adalah: [7-8]

$$B = \frac{\mu_0 nIR^2}{2} \left(\frac{1}{[R^2 + (x - a/2)^2]^{3/2}} + \frac{1}{[R^2 + (x + a/2)^2]^{3/2}} \right) \quad (2)$$

Besar medan magnet di antara koil adalah konstan jika $a=R$, dan homogen dalam daerah sepanjang $-R/2 < x < +R/2$.

3. Eksperimen

Pada penelitian ini digunakan kumparan model 555 58 (Leybold Didactic GmbH - Germany) yang berjari-jari (R) 15 cm dan jumlah lilitan (N) untuk satu kumparan 130 lilitan. Dua kumparan Helmholtz dihubungkan secara seri pada jarak 15 cm (sama dengan jari-jari kumparan), dan dihubungkan dengan sumber arus DC. Susunan peralatan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan peralatan hasil rancangan pembangkitan medan magnet.

Pada eksperimen ini diukur medan magnet (B) sebagai fungsi arus (I), jarak (x) dan jumlah lilitan (N). Pengukuran medan magnet sebagai fungsi jarak dilakukan mulai dari titik tengah antara ke dua kumparan ke sepanjang garis sumbu kumparan dalam arah horisontal (ke kiri dan ke kanan). Medan magnet diukur dengan Teslameter TES10A.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Medan magnet sebagai fungsi arus

Data hasil pengukuran medan magnet sebagai fungsi arus diperlihatkan pada Gambar 3. Gambar memperlihatkan grafik hubungan antara medan magnet terhadap arus untuk jumlah lilitan yang berbeda, yaitu $N=130$ lilitan dan $N=260$ lilitan. Kedua grafik dapat difitting dengan regresi linier dengan nilai koefisien determinasi $R^2=1$, masing-masing pada persamaan (3) dan (4).

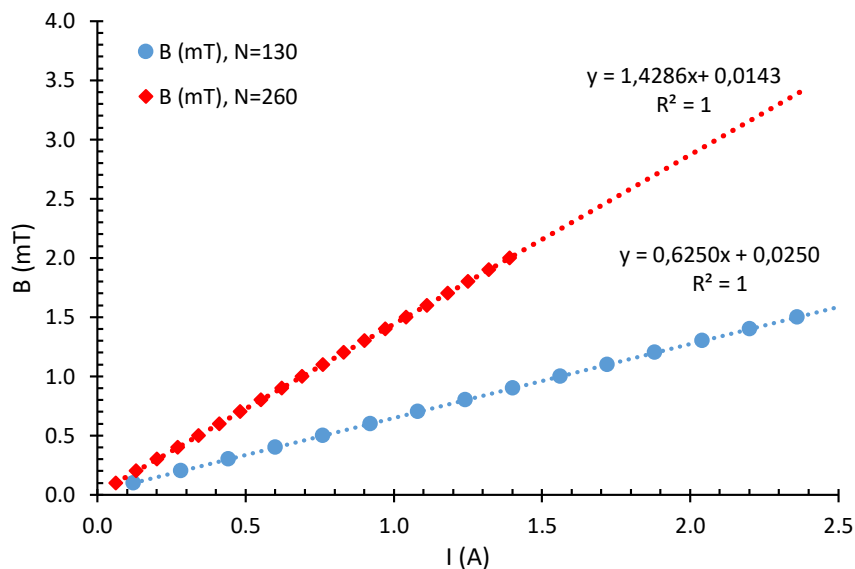
$$B = 0,63I + 0,03 \quad (3)$$

dan

$$B = 1,43I + 0,01 \quad (4)$$

Ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran sangat presisi dengan hubungan yang sangat kuat antara medan magnet dan arus listrik yang diberikan secara linier.

Dari persamaan linier pada masing-masing kurva pada Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa, pada jumlah lilitan yang lebih besar, pada arus yang sama dihasilkan medan magnet yang lebih besar. Misalnya, pada arus 1 mA, sistem yang jumlah lilitannya $N=130$ dihasilkan medan magnet $B=0,7$ mT dan pada $N=260$ dihasilkan medan magnet $B=1,4$ mT. Tampak bahwa pada arus yang sama, dengan melipat-gandakan jumlah lilitan maka besar medan magnet menjadi dua kalinya juga. Ini memperlihatkan bahwa ada ketergantungan yang sangat kuat antara jumlah lilitan dan medan magnet yang dihasilkan.

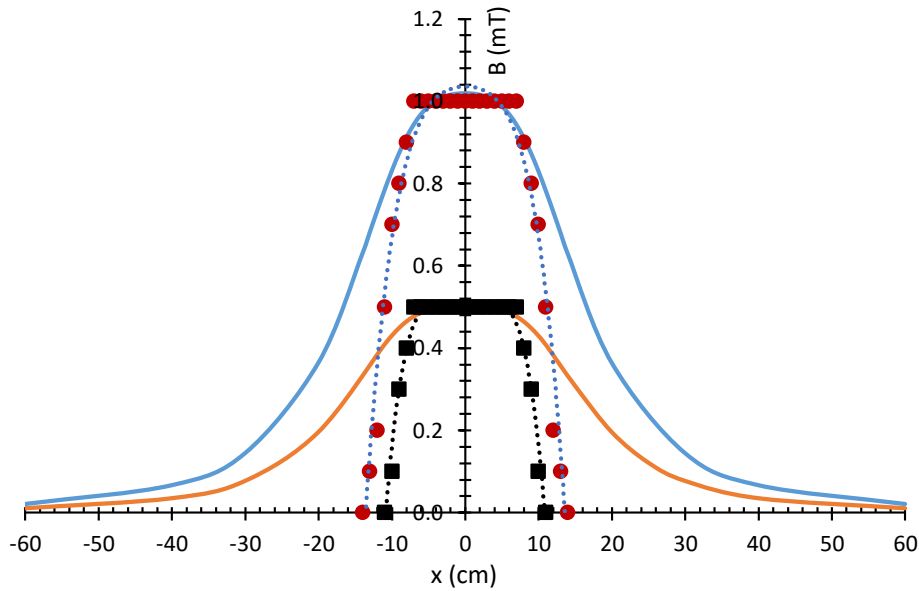


Gambar 3. Hubungan medan magnet (B) dengan arus listrik (I) pada kumparan. y adalah medan magnet dan x adalah arus listrik.

4.2 Medan magnet sebagai fungsi jarak

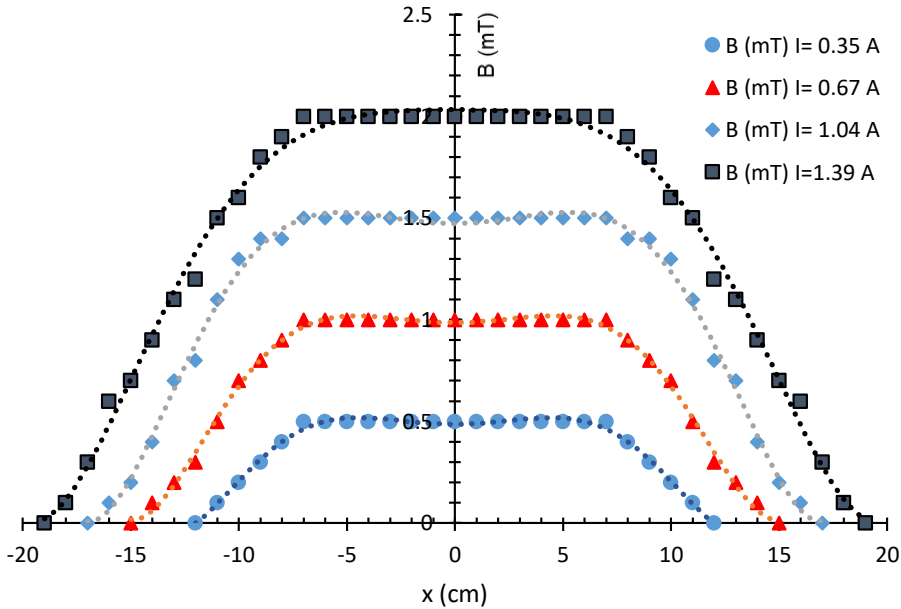
Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara medan magnet dengan jarak dari titik tengah ke dua kumparan ke titik tertentu di sepanjang sumbu kumparan untuk kumparan Helmholtz dengan 130 lilitan. Pada Gambar 4, tampak medan magnet homogen sebesar 0,5 mT dan 1 mT dapat diperoleh pada daerah yang hampir sama, yaitu pada daerah $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$ di antara kumparan. Pada daerah di luar rentang daerah tersebut medan magnet menurun secara tajam.

Kurva kontinu pada Gambar 4 adalah kurva teoritis sesuai dengan persamaan (2) masing-masing pada arus 0,76 A dan 1,56 A. Dapat dilihat bahwa pada daerah medan magnet homogen ada kesesuaian antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan dengan persamaan (2). Sementara itu, di luar rentang daerah homogen penurunan kurva hasil perhitungan lebih lambat dari pada hasil pengukuran, terdapat perbedaan yang sangat signifikan.



Gambar 4. Hubungan medan magnet (B) terhadap jarak (x) sepanjang sumbu koaksial kumparan untuk kumparan 130 lilitan.

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara medan magnet terhadap jarak dari kumparan Helmholtz dengan 260 lilitan, dari bawah ke atas masing-masing pada arus listrik $I = 0,35 \text{ A}$, $0,67 \text{ A}$, $1,04 \text{ A}$ dan $1,39 \text{ A}$. Daerah datar pada kurva menunjukkan kuat medan magnet yang homogen sepanjang sumbu koaksial kumparan, yaitu pada daerah $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$ di antara ke dua kumparan, Kuat medan magnet pada daerah tersebut masing-masing adalah $0,5 \text{ mT}$, 1 mT , $1,5 \text{ mT}$ dan 2 mT . Pada daerah di luar kumparan (pada ke dua sisi), tampak kurva turun sangat tajam dengan bertambahnya jarak dari titik tengah ke dua kumparan.

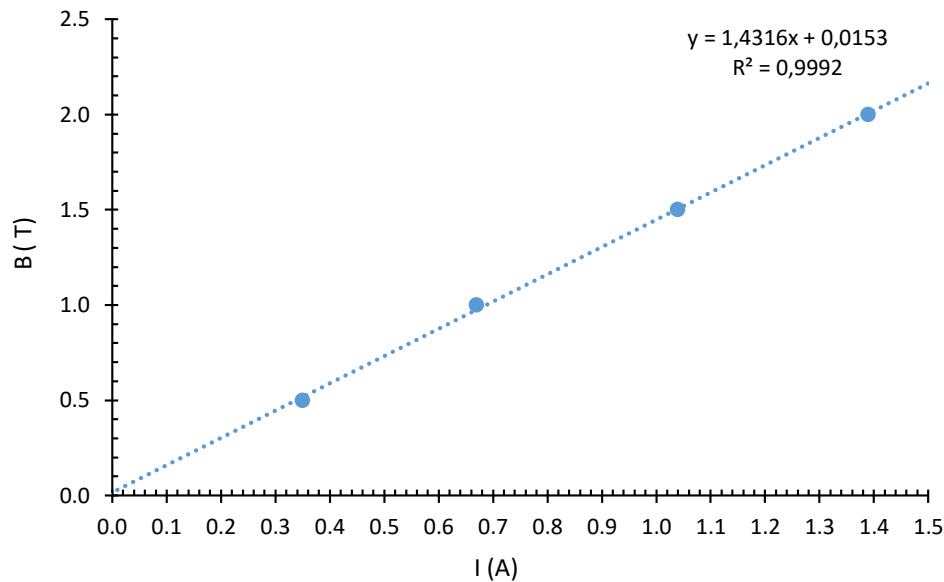


Gambar 5. Hasil pengukuran medan magnet (B) terhadap jarak (x) pada kumparan 260 lilitan pada berbagai arus listrik yang diberikan.

Dari Gambar 6 dapat diamati bahwa pada daerah $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$ medan magnet maksimum (homogen) yang dihasilkan bertambah besar dengan bertambahnya arus yang diberikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Dapat difitting dengan persamaan garis lurus sebagai berikut:

$$B = 1,43I + 0,02 \tag{3}$$

dengan koefisien determinasi $R^2=1$. Tampak persamaan 3 serupa dengan persamaan 2, yang mengindikasikan sangat kuatnya hubungan linier antara medan magnet dengan arus listrik.



Gambar 6. Medan magnet maksimum homogen (B) sebagai fungsi arus listrik (I) yang diberikan.

5 Kesimpulan

Dari hasil uji terhadap medan magnet dan pemberian arus listrik yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah dapat dibuat susunan peralatan (modul) yang dapat menghasilkan medan magnet homogen sepanjang 15 cm yaitu pada rentang daerah $-7 \text{ cm} < x < +7 \text{ cm}$ di tengah-tengah antara sepasang kumparan. Kuat medan magnet homogen yang dihasilkan pada daerah tersebut tergantung pada arus listrik yang diberikan sesuai dengan persamaan linier $B_{max} = 1,43I + 0,02$.

Ucapan Terimakasih

Penulis berterimakasih kepada semua pihak yang ikut terlibat untuk membantu terselesaikannya jurnal ini.

Pustaka

- [1] Ardiyani, Ginisa, Erwin dan Salomo, Desain Pembuatan Uji Coba Kumparan Helmholtz Berbentuk Lingkaran, *JOM FMIPA*, vol. 2, 2015, pp. 24-31.
- [2] Ardiyani, Ginisa, Erwin dan Salomo, Perubahan Kuat Medan Magnet sebagai Fungsi Jumlah Lilitan pada Kumparan Helmholtz, *Jurnal Komunikasi Indonesia*, Edisi April, 2016, pp. 814-819.
- [3] A. C. Jerry and I. E. Santoso, Distribusi Medan Magnet di Sekitar Kumparan Berarus Listrik, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY*, 2015, pp. 5-8.
- [4] S. W. Novita, Pengaruh Alat Peraga Medan Magnet (APMM) Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Konsep Medan Magnet, *Skripsi*, Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2017.
- [5] U. F. Annisa, Pengaruh Paparan Medan Magnet terhadap Perkecambahan Tanaman Kurma (*Phoenix dactylifera*) Jenis Majol, *Skripsi*, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2015.
- [6] R. H. Arjadi, Sistem Pengukuran Medan Magnetik dari Sumber Medan Elektromagnetik Helmholtz, *AMTeQ-Annual Meeting on Testing and Quality*, 2006, pp. 81-92
- [7] P. A. L. Hawa, Alat Ukur Distribusi Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz, *Skripsi*, Program Studi Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, 2011.
- [8] R. A. Serway and J. Jewett, Physics for Scientists and Engineers, *Thomson book/cole*, 2004, Six Edition.