

Desain Alat Terapi Fraktur Berbasis Medan Elektromagnetik

(Design of Electromagnetic Field Based Device for Fracture Therapy)

Hasmia¹⁾, Maskur¹⁾, L. Mahmudin¹⁾, A. Nismayanti¹⁾*

¹⁾Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

Info

Article history:

Received: 16 Februari 2021

Accepted: 30 Juni 2021

Published: 1 Juli 2021

Abstrak.

Fraktur adalah patah tulang yang disebabkan oleh trauma atau tenaga fisik. Penyebab terbanyak fraktur adalah kecelakaan, baik kecelakaan kerja maupun kecelakaan lalu lintas. Permasalahan fraktur dapat menjadi besar jika tidak ditangani dengan baik. Untuk itu penyembuhan fraktur menggunakan Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) menjadi salah satu solusi. Penelitian ini bertujuan merancang alat terapi fraktur berbasis medan elektromagnetik. Alat terapi fraktur yang dibuat menggunakan kumparan Helmholtz untuk menghasilkan medan magnet dengan variasi jumlah lilitan kawat 50 – 400 lilitan, variasi kuat arus 0,12 – 0,19 A, variasi jarak antara kumparan 5 – 25 cm, dan variasi diameter 19,8 cm dan 22 cm. Berdasarkan data yang diperoleh dapat membuktikan bahwa medan magnet berbanding lurus dengan arus dan jumlah lilitan namun berbanding terbalik terhadap jarak antara kumparan dan besar diameter kumparan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai medan magnet 150 μT berhasil diperoleh dengan nilai arus, jumlah lilitan kawat, jarak antara kumparan, dan diameter kumparan Helmholtz berturut-turut sebesar 0,15 A, 300 lilitan, 10 cm dan 19,8 cm.

Abstract.

Fracture is caused by trauma or physical exertion. The most common causes of fractures are accidents, work accidents or traffic accidents. Fracture problem becomes a big problem. Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) can be used for fracture healing. This study aims to design an electromagnetic field-based fracture therapy device. Fracture therapy device made using Helmholtz coils to produce a magnetic field with a variation in the number of turns 50 - 400, variations in current 0.12 - 0.19 A, variations in the distance between the coils 5-25 cm, and variations in diameter 19.8 cm and 22 cm. Based on the data obtained, it can be proven that the magnetic field is directly proportional to the current and the number of turns but is inversely proportional to the distance between the coils and the diameter of the coil. The results showed that the magnetic field value of 150 μT was successfully obtained with a current value, the number of coils, the distance between the coils, and the diameter of the Helmholtz coil were 0,15 A, 300, 10 cm and 19.8 cm.

Kata kunci:

Medan Elektromagnetik
Kumparan Helmholtz
Terapi Fraktur

Keywords:

Electromagnetic Field
Helmholtz Coil
Fracture Therapy

*) e-mail: anisfisits@gmail.com

DOI: 10.22487/gravitasi.v20i1.15453

1. PENDAHULUAN

Fraktur merupakan istilah dari hilangnya kontinuitas tulang, tulang rawan, baik yang bersifat total maupun sebagian. Secara umum, fraktur adalah patah tulang yang disebabkan oleh trauma atau tenaga fisik [1]. Penyebab terbanyak fraktur adalah kecelakaan, baik kecelakaan kerja, kecelakaan lalu lintas dan sebagainya. Tetapi fraktur juga bisa terjadi akibat faktor lain seperti proses degeneratif dan patologi [2].

Permasalahan fraktur ini menjadi persoalan besar dan untuk proses penyembuhan fraktur dapat digunakan Pulsed Electromagnetic Field (PEMF). Menurut Ongaro dkk [3] salah satu pemakaian PEMF yang telah disetujui oleh FDA adalah

untuk membantu penyembuhan patah tulang non union. Seiring meningkatnya mobilitas penduduk saat ini, diestimasi hampir sekitar 10% fraktur tulang menunjukkan penyembuhan tidak sempurna sehingga menyebabkan non union dan delayed union.

PEMF telah cukup lama diteliti baik dalam skala in vitro (penelitian sel), pre klinis (penelitian hewan coba) maupun klinis oleh Ongaro dkk, yaitu dengan memberikan stimulus fisika berupa pajanan PEMF selama masa periode diferensiasi sel tulang yaitu 28 hari, diperoleh hasil terjadi peningkatan kadar Alkaline phosphatase (ALP) dan Osteokalsin (OCL)

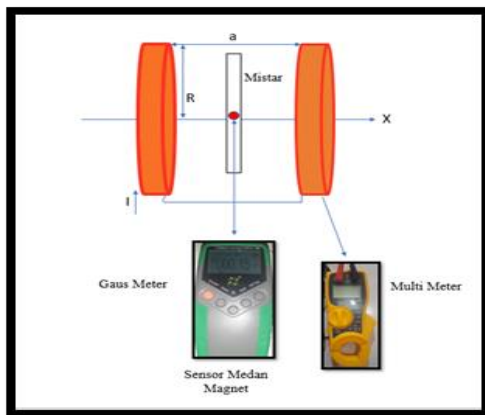


yang merupakan penanda terjadinya pembentukan tulang (osteogenesis). Ada pula beberapa penelitian tentang alat PEMF seperti yang dilakukan oleh Umiatin dkk [4], yaitu membuat desain dan pembuatan prototipe pulse elektromagnetik therapy (PEMFT). Untuk Studi bioelektromagnetik dengan menggunakan variasi arus dari 0-1 A. Mengukur medan magnet dikumparan helmholtz dengan mengaliri arus DC sebesar 0.28 A. Data di ambil pada sumbu X secara manual dengan menggeser batang ulir setiap 1 cm. Serta memvariasikan frekuensi mulai 25250 Hz, pada signal source square dan sinus, duty cycle 50% pada signal square dan arus DC 0,28 A.

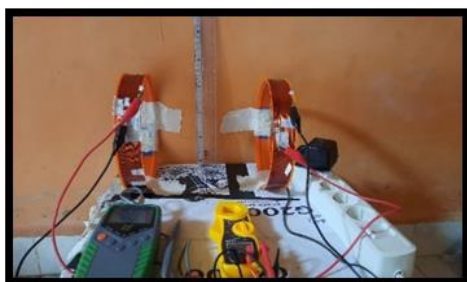
Berdasarkan karakteristik yang dimiliki medan magnet, dikhawatirkan akan menimbulkan dampak negative bagi kesehatan manusia. Sehingga Badan Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO) merekomendasikan paparan medan magnet 100 μT – 500 μT [5]. Untuk itu dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan alat terapi fraktur berbasis medan elektromagnetik menggunakan kumparan Helmholtz, dimana jari-jari dua buah kumparan Helmholtz sama besar dengan jarak dua buah kumparan Helmholtz, variasi diameter kumparan 19,8 cm dan 22 cm, variasi arus, dan variasi jarak, sehingga dapat menghasilkan 100 μT – 500 μT .

2. BAHAN DAN METODE

Desain rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kumparan Helmholtz diameter 19,8 cm dan 22 cm, adaptor untuk menghasilkan arus listrik, Gaussmeter untuk mendeteksi medan magnet yang dihasilkan kumparan Helmholtz, multimeter untuk mengukur kuat arus listrik yang di hasilkan adaptor, mistar untuk mengukur jarak dua buah kumparan, dan laptop untuk mengolah data.



Gambar 1. Desain Alat



Gambar 2. Rangkaian Alat

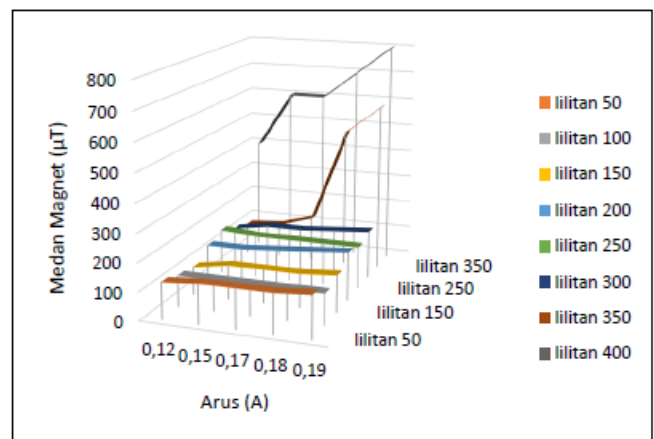
Pada pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan diameter kumparan, arus, jarak dan lilitan. Variasi diameter menggunakan 19,8 cm dan 22 cm, variasi arus 0,12 A , 0,15 A, 0,17 A, 0,18 A dan 0,19 A, variasi jarak 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, dan 25 cm, serta variasi jumlah lilitan 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 lilitan. Pertama-tama hubungkan kumparan Helmholtz ke adaptor 20V, kemudian mengukur arus dengan *clamp multimeter* serta mengukur medan magnet menggunakan Gaussmeter yang diletakkan di bagian tengah kumparan Helmholtz, hal ini berlaku untuk setiap variasi baik variasi arus, jarak, lilitan, maupun diameter. Pengolahan data hasil pengukuran menggunakan laptop sehingga menghasilkan nilai medan magnet pada perubahan jumlah lilitan dan variasi arus serta nilai medan magnet pada perubahan diameter kumparan dan variasi jarak antara kumparan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah nilai medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz dengan variasi jumlah lilitan, variasi arus, variasi diameter kumparan dan variasi jarak antara dua kumparan. Untuk variasi jumlah lilitan dan besar arus dengan diameter kumparan 19,8 cm dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Nilai medan magnet pada variasi jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 19,8 cm

No	Jumlah Lilitan	Nilai Medan Magnet (μT) pada Variasi Arus				
		0,12 A	0,15 A	0,17 A	0,18 A	0,19 A
1	50	130	140	140	140	150
2	100	110	110	110	110	110
3	150	100	120	120	120	130
4	200	140	140	150	160	170
5	250	160	150	150	150	150
6	300	130	150	150	160	170
7	350	110	120	160	500	600
8	400	400	600	600	700	800



Gambar 3. Grafik perubahan medan magnet terhadap perubahan jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 19,8 cm

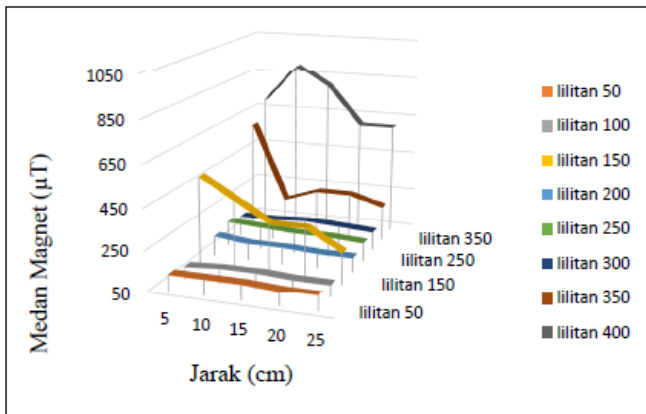
Pada Tabel 1 dapat dilihat nilai medan magnet pada perubahan jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 19,8 cm. Memiliki nilai medan magnet tertinggi 800

μT, dan nilai medan magnet terendah 130 μT. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar arus yang diberikan maka semakin besar medan magnet yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah lilitan maka semakin besar nilai medan magnet yang dihasilkan.

Selain menggunakan variasi jumlah lilitan dan besar arus. Penelitian ini juga melakukan variasi jarak antara kumparan. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Nilai medan magnet pada variasi jumlah lilitan dan variasi jarak antara kumparan dengan diameter kumparan 19,8 cm

No	Jumlah Lilitan	Nilai Medan Magnet (μT) pada Variasi Jarak (cm)				
		5	10	15	20	25
1	50	130	130	130	120	120
2	100	110	120	120	110	110
3	150	500	400	300	300	200
4	200	150	130	130	120	120
5	250	170	160	150	150	140
6	300	150	150	160	150	140
7	350	600	210	270	270	220
8	400	700	900	800	600	600



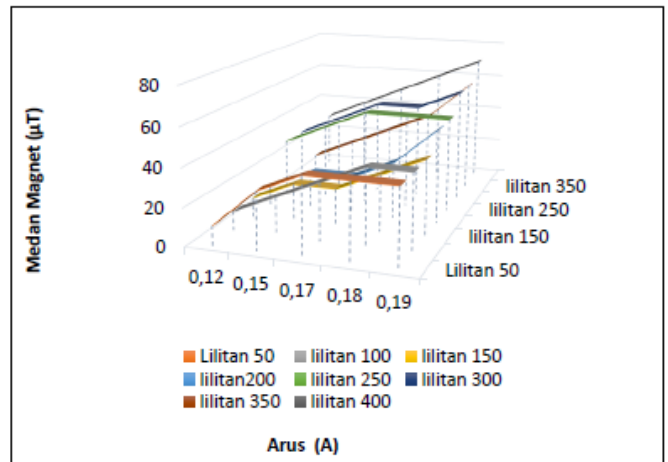
Gambar 4. Nilai medan magnet variasi jumlah lilitan dan variasi jarak antara kumparan dengan diameter kumparan 19,8 cm

Pada Tabel 2 dapat dilihat nilai medan magnet pada perubahan jumlah lilitan dan variasi jarak antara kumparan dengan diameter kumparan 19,8 cm. Memiliki nilai medan magnet tertinggi 900 μT, dan nilai medan magnet terendah 110 μT. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar jarak antara kumparan maka semakin kecil medan magnet yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah lilitan maka semakin besar nilai medan magnet yang dihasilkan. Nilai medan magnet yang paling besar terdapat pada bagian tengah antara dua kumparan. Hal ini menunjukkan bahwa pada bagian tengah kumparan merupakan titik paling baik untuk meletakkan hewan percobaan.

Data hasil pengukuran medan magnet pada kumparan Helmholtz dengan Diameter 22 cm dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5.

Tabel 3. Nilai medan magnet pada variasi jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 22 cm

No	Jumlah Lilitan	Nilai Medan Magnet (μT) pada Variasi Arus (A)				
		0,12	0,15	0,17	0,18	0,19
1	50	10	30	40	40	40
2	100	10	20	30	40	40
3	150	10	20	20	30	40
4	200	10	20	20	30	50
5	250	30	40	50	50	50
6	300	30	40	50	50	60
7	350	10	20	30	40	60
8	400	30	40	50	60	70



Gambar 5. Nilai medan magnet variasi jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 22 cm

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai medan magnet pada perubahan jumlah lilitan dan variasi arus dengan diameter kumparan 19,8 cm. Memiliki nilai medan magnet tertinggi 70 μT, dan nilai medan magnet terendah 10 μT. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar arus maka semakin kecil medan magnet yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah lilitan maka semakin besar nilai medan magnet yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan simulasi yang dilakukan oleh nismayanti dkk [14] dan sesuai dengan hukum *Biot-savart* [15] bahwa besar medan magnet B pada jarak X dari pusat lingkaran sepanjang sumbu Koil adalah sebanding dengan jumlah lilitan dan arus serta berbanding terbalik dengan jarak antara kumparan,

$$B = \frac{\mu_0 N I R^2}{2 (R^2 + x^2)^{3/2}} \tag{1}$$

Badan kesehatan WHO merekomendasikan paparan medan magnet 100 μT – 500 μT, sehingga arus yang paling aman di gunakan yaitu 0,15 A pada jumlah lilitan 300 dan jarak 10 cm, diameter kumparan 19,8 cm, dengan menghasilkan medan magnet sebesar 150 μT . Medan magnet yang dihasilkan tidak terlalu besar dan tidak terlalu rendah dan tidak melebihi batas ambang medan magnet terhadap tubuh manusia yang telah ditentukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa telah berhasil mendesain alat terapi dengan arus yang paling aman digunakan yaitu 0,15 A pada lilitan 300 dan jarak 10 cm. Dimana, menghasilkan medan magnet sebesar 150 μ T. Medan magnet yang dihasilkan tidak melebihi batas ambang paparan medan magnet terhadap tubuh manusia.

REFERENSI

- [1] A. Oryan, S. Monazzah, and A. Bigham-Sadegh, "Bone injury and fracture healing biology," *Biomed. Environ. Sci.*, vol. 28, no. 1, pp. 57–71, 2015, doi: 10.3967/bes2015.006.
- [2] Budiyanto, "Penatalaksanaan fisioterapi pada kasus close fraktur 1/3 distal humerus sinistra di RSUD Panembahan Senopati Bantul," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.
- [3] M. Laurence, *Handbook of fractures.*, vol. 84-B, no. 3. 2002.
- [4] R. Noorisa, D. Aprilwati, A. Aziz, and S. Bayusentono, "THE Characteristic Of Patients With Femoral Fracture In Department Of Orthopaedic And Traumatology Rsud Dr. Soetomo Surabaya 2013 – 2016," *J. Orthop. Traumatol. Surabaya*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- [5] A. Ongaro, "Pulsed Electromagnetic Fields as an innovative approach for functional tissue engineering of connective tissues Alessia Ongaro Tissue engineering ... to repair the tissues," *Eur. Coop. Sci. Technol.*, no. March, 2015.
- [6] B. Wade, "A Review of Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) Mechanisms at a Cellular Level: A Rationale for Clinical Use," *Am. J. Heal. Res.*, vol. 1, no. 3, p. 51, 2013, doi: 10.11648/j.ajhr.20130103.13.
- [7] V. Novickij et al., "Pulsed Electromagnetic Field Assisted in vitro Electroporation: A Pilot Study," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. September, 2016, doi: 10.1038/srep33537.
- [8] Y. K. Choi et al., "Combined effect of pulsed electromagnetic field and sound wave on In vitro and In vivo neural differentiation of human mesenchymal stem cells," *Biotechnol. Prog.*, vol. 33, no. 1, pp. 201–211, 2017, doi: 10.1002/btpr.2389.
- [9] R. Anwar, N. N. Hidajat, B. Tiksnadi, and H. N. Rasyid, "Pulsed Electromagnetic Field Stimulation on Closed Tibial Rats Fracture Enhances Callus Formation Based on Radiographic Measurement Stimulasi Pulsed Electromagnetic Field Fraktur Tertutup Tibia Tikus terhadap Pembentukan Kalus Berdasarkan Pengukuran Radiografi," vol. 40, no. 3, 2012.
- [10] C. Daish, R. Blanchard, K. Fox, P. Pivonka, and E. Pirogova, "The Application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for Bone Fracture Repair: Past and Perspective Findings," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 46, no. 4, pp. 525–542, 2018, doi: 10.1007/s10439-018-1982-1.
- [11] P. R. J. V. C. Boopalan, S. B. Chittaranjan, R. Balamurugan, N. S. Nandakumar, A. Sabareeswaranb, and M. Mohantyb, "Pulsed electromagnetic field (PEMF) treatment for fracture healing," *Curr. Orthop. Pract.*, vol. 20, no. 4, pp. 423–428, 2009, doi: 10.1097/BCO.0b013e318198e8b2.
- [12] Umiatin, T. Apriyanti, and S. K. Wijaya, "Desain dan Pembuatan Prototipe Pulse Electromagnetic Therapy (PEMFT) untuk Studi Bioelektromagnetik," *Spektra J. Fis. dan Apl.*, vol. 2, no. 3, pp. 165–172, 2017.
- [13] WHO, "Electromagnetic fields and public health," Electromagnetic fields (EMF) Publications and information resources, 2006.
- [14] A. Nismayanti, H. Jannah, S. Rugayya, Maskur, and R. Adawiyah, "Helmholtz coils model as pulsed electromagnetic field therapy devices for fracture healing using comsol multiphysics," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1763, no. 1, pp. 1–5, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1763/1/012060.
- [15] M. H. Oliveira and J. A. Miranda, "Biot-Savart-like law in electrostatics," *Eur. J. Phys.*, vol. 22, no. 1, pp. 31–38, 2001, doi: 10.1088/0143-0807/22/1/304.