



## Rancang bangun alat ukur suseptibilitas magnetik menggunakan sensor GMR

Siti Nurliah, Ahmad Aminudin, dan Andhy Setiawan\*

Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia

\*e-mail: andhys@upi.edu

### Abstrak

Suseptibilitas magnetik merupakan respon suatu bahan terhadap medan magnetik luar. Nilai suseptibilitas suatu bahan bervariasi tergantung mineral yang menyusun suatu bahan. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas suatu bahan kita dapat mengkaraktirasi bahan tersebut. Pengaplikasian suseptibilitas magnetik suatu bahan dapat digunakan untuk menentukan sifat bahan, jenis batuan, identifikasi sifat tanah, untuk mengamati perubahan iklim, dan indikator pencemaran air bersih oleh air lindi. Sehingga dibutuhkan alat untuk mengukur nilai suseptibilitas magnetik untuk berbagai kebutuhan. Telah dilakukan pembuatan alat ukur suseptibilitas dengan menggunakan sensor GMR. Nilai suseptibilitas magnetik didapatkan dari pengukuran medan magnetik ketika ada bahan dan ketika tidak ada bahan yang dideteksi oleh sensor GMR. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD 16x2. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan batu Basal dan pengukuran dilakukan secara berulang sebanyak 35 kali dengan hasil pengukuran  $(4,44 \pm 0,45) \times 10^{-3}(\text{SI})$ . Hasil pengukuran tersebut, berada pada jangkauan nilai suseptibilitas magnetik batu Basal yang terdapat pada buku Telford, yaitu  $(0,2-175) \times 10^{-3}(\text{SI})$ .

Kata kunci : Alat Ukur, Suseptibilitas Magnetik, Sensor GMR, Suseptibilitas Magnetik Batu Basal

### 1. Pendahuluan

Dalam sebuah bahan terdiri dari atom-atom yang menyusun bahan tersebut. Atom-atom memiliki momen dipol magnetik akibat gerak elektronnya. Setiap elektron memiliki momen dipol magnetik intrinsik yang dikaitkan dengan putarannya. Bahan terdiri atas tiga kategori, paramagnetik, diamagnetik, dan feromagnetik berdasarkan perilaku molekulnya didalam medan magnetik luar. Bahan paramagnetik dan feromagnetik memiliki molekul dengan momen dipol magnetik permanen. Dalam bahan paramagnetik, dipol magnetik tidak berinteraksi kuat satu sama lain dan biasanya diorientasikan secara acak. Dengan adanya medan magnetik luar, sebagian dipol itu disearahkan dengan arah medannya, sehingga memperkuat medannya. Pada feromagnetik meskipun tidak ada medan magnetik luar, bahan feromagnetik dapat membuat dipol magnetiknya menjadi searah. Sedangkan pada sifat diamagnetik tidak memiliki momen magnetik permanen, karena momen dipol magnetik berlawanan arah dengan medan luarnya. Apabila suatu bahan ditempatkan dalam medan magnetik

kuat, seperti medan magnetik solenoida, medan magnetik tersebut cenderung menyearahkan momen dipol magnetik dalam bahan tersebut, bahannya disebut dimagnetkan (Tipler 1998). Bahan yang dimagnetkan tersebut akan mempunyai nilai suseptibilitas magnetik.

Suseptibilitas magnetik merupakan respon dari suatu bahan terhadap medan magnetik yang diberikan pada bahan tersebut (Rizkiawan, Bahri, and Warnana 2018). Salah satu aplikasi dari suseptibilitas magnetik yaitu untuk menentukan sifat bahan. Berdasarkan suseptibilitas magnetik, bahan magnetik dapat dibedakan menjadi bahan paramagnetik dengan nilai suseptibilitas lebih dari nol dan bahan diamagnetik dengan nilai suseptibilitas kurang dari nol.

Suseptibilitas magnetik dapat menentukan jenis batuan tertentu, yaitu dilakukan dengan menggunakan metode geomagnetik, berdasarkan intensitas medan magnetik. Dalam penyelidikan magnet, besar intensitas magnetik suatu batuan ditentukan oleh factor suseptibilitas magnetik dari batuan tersebut. Dimana suseptibilitas suatu batuan sebanding

dengan konsentrasi kelompok mineral magnetik pada batuan tersebut (Abdullah 2014).

Kajian kemagnetan batuan telah merambah pada aplikasi perubahan iklim dan lingkungan dalam bidang *magnetoclimatology* dan *environmental magnetism*. Aplikasi kajian kemagnetan batuan dituntun oleh keberadaan mineral magnetik pada tanah atau sedimen. Dimana masa jenis, morfologi, jumlah dan bentuk ukuran bulir mineral magnetik berubah karena perubahan iklim (Zulaikah 2015).

Pada tanah dapat diidentifikasi sifat tanahnya. Penelitian sifat tanah salah satunya untuk mengetahui potensi tanah longsor dengan identifikasi sifat kemagnetan pada tanah (Kosaka 2000). Potensi longsor dapat diteliti menggunakan metoda suseptibilitas magnetik melalui keberadaan bulir supermagnetik yang terdapat pada tanah permukaan. Keberadaan bulir tersebut dapat diketahui dari nilai suseptibilitas bergantung frekuensi (Pratiwi et al. 2016).

Air lindi merupakan air yang berasal dari tumpukan sampah yang membusuk. Dalam air lindi mengandung bahan organik dan kandungan logam berat seperti timbal dan nikel. Jika terus menumpuk, maka akan menyebabkan pencemaran air bersih, sehingga berbahaya jika air yang dikonsumsi tercemar dengan air lindi yang memiliki kadar logam berat diatas batas maksimalnya. Dalam hal ini lindi dapat dideteksi menggunakan metode magnetik, karena mengandung logam pada lindi tersebut (Hakim, Susilo, and Maryanto 2014). Oleh karena itu, nilai suseptibilitas dapat dijadikan sebagai indikator awal tercemarnya atau tidaknya akibat limbah logam. Pada kasus pencemaran, perlu dilakukan identifikasi apakah mineral magnetik berasal dari sumber-sumber alamiah atau dari proses pencemaran (Huliselan and Bijaksana 2007).

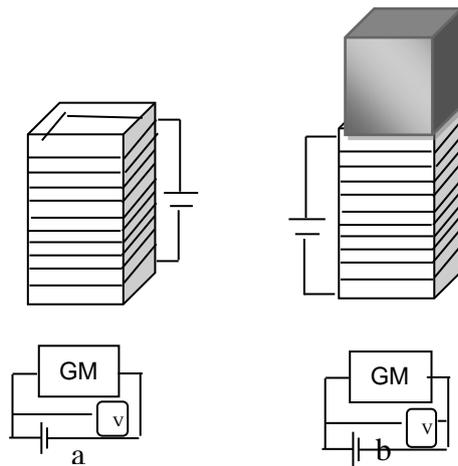
Dengan banyaknya aplikasi dari suseptibilitas magnetik suatu bahan tersebut, maka sangat diperlukan alat ukur suseptibilitas magnetik suatu bahan. Sehingga dibuatlah alat ukur suseptibilitas magnetik suatu bahan menggunakan sensor GMR. Alat ukur ini dibuat berdasarkan kuat medan magnet yang dapat dideteksi oleh sensor GMR. Kemudian besar medan magnet yang dideteksi oleh sensor tersebut diolah oleh mikrokontroler. Alat ukur ini dapat mengukur suseptibilitas berbagai bahan.

Sensor GMR (Giant Magnetoresistance) merupakan jenis sensor magnetik dengan material yang terbuat dari bahan magnetoresistif dengan memiliki sifat-sifat magnetik yang baik dan elektrik yang baik. Pada penelitian ini sensor GMR yang dipakai tipe AA002. Sensor GMR memiliki kelebihan dibandingkan dengan sensor magnetik lainnya yaitu memiliki sensitivitas yang tinggi, kestabilan temperatur, dan memiliki rentang nilai medan magnet yang sangat luas (Corporation 2019).

## 2. Metode

Metode yang digunakan dalam pembuatan prototipe ini menggunakan metode deskriptif dan metode eksperimen. Metode deskriptif digunakan untuk membuat desain kumparan yang menghasilkan medan magnet yang kemudian dideteksi oleh sensor GMR sementara metode eksperimen digunakan untuk merancang prototipe alat ukur suseptibilitas magnetik bahan menggunakan sensor GMR.

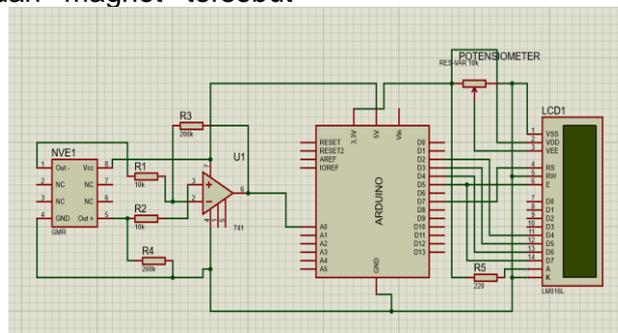
Metode deskriptif diawali dengan studi literatur untuk mengumpulkan informasi mengenai penelitian ini seperti informasi bagaimana membuat desain kumparan yang menghasilkan medan magnet untuk memagnetisasi sampel dan kemudian di deteksi oleh sensor GMR, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain kumparan ketika tidak ada bahan(a) dan kumparan ketika ada bahan(b). n(b)

Medan magnet luar dihadirkan menggunakan kumparan sebanyak 392 lilitan kawat tembaga dengan panjangnya 4 cm dengan berbentuk balok berdimensi 2x2x4 cm yang di hubungkan ke sumber tegangan 9 Volt dan Arus 0,9 A. Sehingga menghasilkan medan magnet luar sebesar 11 mT yang diperoleh menggunakan persamaan (1). Medan magnet tersebut

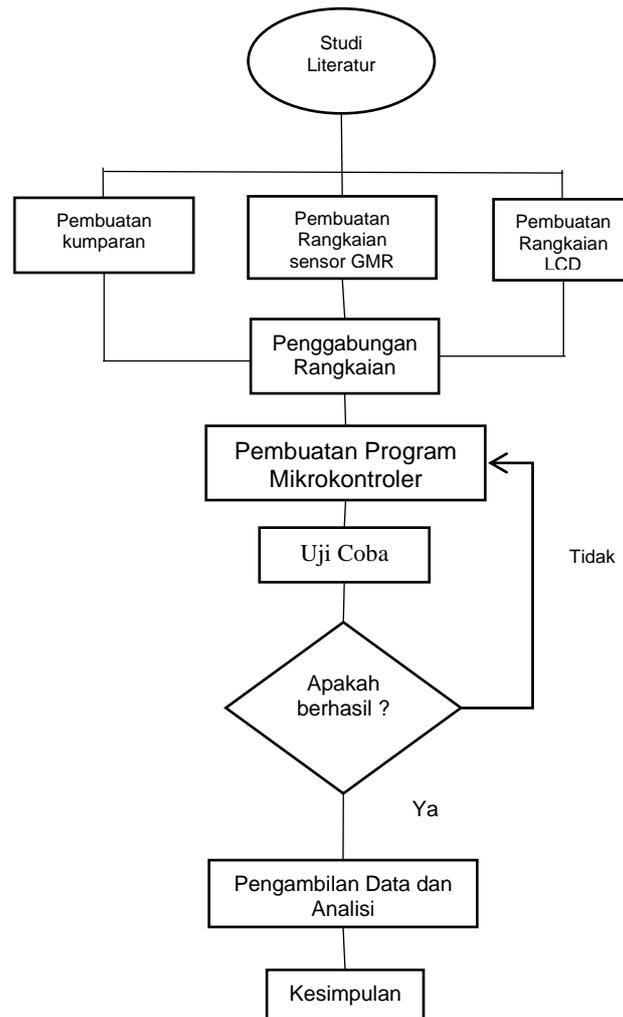
akan dideteksi oleh sensor GMR. Sensor GMR tersebut akan menghasilkan keluaran berupa tegangan. Selanjutnya metode eksperimen yang meliputi perancangan rangkaian alat ukur menggunakan software Proteus 8.0 dan software Arduino IDE. Rangkaian Alat ukur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian alat ukur.

Cara kerja rangkaian alat ini yaitu, sensor GMR akan mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan, kemudian keluaran dari sensor GMR ini tegangan yang akan dikuatkan oleh IC 741. Keluaran dari IC 741 ini akan diterima oleh Arduino Leonardo, dimana pada

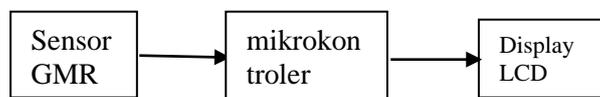
Arduino Leonardo telah diprogram sedemikian rupa sehingga input Arduino tersebut akan diproses. Output dari Arduino tersebut akan ditampilkan di LCD 16x2. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Dalam program Arduino, untuk mendapatkan nilai suseptibilitas magnetik, yaitu dengan menghitung perbandingan dari medan magnetik ketika ada bahan dan

medan magnetik ketika tidak ada bahan kemudian hasil dari perbandingannya dikurangi satu. Blok diagram untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

### 3. Hasil dan Pembahasan

Nilai suseptibilitas magnetik tidak diperoleh secara langsung. Tetapi diperoleh dengan mengukur besar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan yang dibuat peneliti. Kumparan dibuat dengan menggunakan kawat tembaga sebanyak 392 lilitan, panjang 4 cm, dan berdimensi 4x2x2 cm. Kumparan tersebut diberi sumber tegangan 9 Volt dan Arus yang mengalir 0,9

A. Sehingga besar medan magnet yang dihasilkan sebesar 11mT, yang masuk dalam jumlah jangkauan besar medan magnet yang dideteksi oleh sensor GMR yaitu dari jangkauan 0,1 – 400 mT. Medan magnet yang dihasilkan kumparan tersebut akan di deteksi oleh sensor GMR. Medan magnet dihasilkan oleh kumparan, dapat di hitung menggunakan persamaan (1).

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \quad (1)$$

Untuk mendapat nilai suseptibilitas agnetic suatu bahan dilakukan pengukuran medan magnet ketika tidak ada bahan dan ketika ada bahan pada kumparan tersebut. Besarnya medan magnet yang di deteksi oleh sensor GMR dirumuskan dengan persamaan (2).

$$B_b = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (2)$$

dimana  $\mu_0$  merupakan permeabilitas magnetik pada ruang hampa. Nilai magnetisasi (M) merupakan nilai suseptibilitas ( $\chi$ ) dikali dengan intensitas Magnetik (H). Sehingga didapatkan persamaa (3).

$$B_b = \mu_0 H (1 + \chi) \quad (3)$$

dimana  $\mu_0 H$  merupakan  $B_0$  yaitu besar medan magnet ketika kumparan tidak ada bahan dan  $B_b$  merupakan besar medan magnet ketika ada bahan. Sehingga dari persamaan (3) dapat diketahui bahwa berbandingan dari besar medan magnet ketika ada bahan dengan besar medan magnet ketika tidak ada bahan merupakan nilai suseptibilitas ditambah satu.

$$\frac{B_b}{B_0} = 1 + \chi \quad (4)$$

Pada penelitian ini, alat ukur dirancang menggunakan sensor GMR untuk mendeteksi besar medan magnet. Sensor GMR menghasilkan keluaran tegangan. Untuk mendapatkan nilai

suseptibilitas pengukuran dilakukan ketika tidak ada bahan dan ketika ada bahan. Pengukuran ketika tidak ada bahan dijadikan sebagai nilai referensi untuk pengukuran ketika ada bahan. Pengukuran medan magnet ketika ada bahan akan menghasilkan keluaran tegangan  $V_b$  dan pengukuran ketika tidak ada bahan akan menghasilkan keluaran tegangan  $V_0$ . Sehingga berdasarkan persamaan (4) bahwa perbandingan tegangan keluaran  $V_b$  dengan tegangan keluaran  $V_0$  hasilnya merupakan suseptibilitas ditambah satu. Sehingga nilai suseptibilitas magnetik diperoleh dari perbandingan tegangan keluaran  $V_b$  dengan tegangan keluaran  $V_0$  dikurangi dengan satu. Dalam pengukuran ini  $V_0$  merupakan variabel yang dijaga tetap karena nilai medan magnet ketika tidak ada bahan nilainya sama setiap waktu dan  $V_b$  merupakan variabel bebas yang merupakan nilai dari besar medan magnet ketika ditambahkan dengan bahan.

Dalam uji coba alat ukur, sampel bahan yang diukur yaitu batu Basal. Didapat hasil pengukuran suseptibilitas sebesar  $\chi = (4,44 \pm 0,45) \times 10^{-3}(\text{SI})$ . Dan pada buku Telford, nilai suseptibilitas agnetic pada batu basa yaitu :  $(0,2-175) \times 10^{-3}(\text{SI})$  seperti yang dicantumkan pada tabel 1. Pengukuran dilakukan dengan mengukur secara berulang yaitu sebanyak 35 kali.



Gambar 5. Uji coba alat ukur.

Pada penelitian ini, alat ukur belum dikalibrasi secara standar sehingga alat ukur suseptibilitas magnetik bahan yang

dibuat oleh peneliti belum dipastikan ke akuratan dalam proses pengukurannya. Kemudian kumparan dibuat secara manual

dan kawat tembaga yang beragam merk dipasaran, sehingga nilai medan magnet yang dihasilkan belum tentu sesuai dengan yang dihitung melalui persamaan (1). Dan perlu di uji ulang pengukuran sampel

menggunakan alat ukur yang standar untuk membandingkan nilai suseptibilitas yang dihasilkan oleh alat ukur yang dibuat peneliti dengan alat ukur yang sudah standar,

Tabel 1. Suseptibilitas Magnetik pada Batuan (Telford, Geldart, and Sheriff 1990).

Table 3.1. *Magnetic susceptibilities of various rocks and minerals.*

Type	Susceptibility $\times 10^3$ (SI)	
	Range	Average
<i>Sedimentary</i>		
Dolomite	0-0.9	0.1
Limestones	0-3	0.3
Sandstones	0-20	0.4
Shales	0.01-15	0.6
Av. 48 sedimentary	0-18	0.9
<i>Metamorphic</i>		
Amphibolite		0.7
Schist	0.3-3	1.4
Phyllite		1.5
Gneiss	0.1-25	
Quartzite		4
Serpentine	3-17	
Slate	0-35	6
Av. 61 metamorphic	0-70	4.2
<i>Igneous</i>		
Granite	0-50	2.5
Rhyolite	0.2-35	
Diorite	1-35	17
Augite-syenite	30-40	
Olivine-diabase		25
Diabase	1-160	55
Porphyry	0.3-200	60
Gabbro	1-90	70
Basalts	0.2-175	70

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sensor GMR dapat digunakan untuk membuat alat ukur suseptibilitas magnetik pada bahan dengan mengukur medan magnet. Medan magnet dihasilkan oleh kumparan dengan lilitan 392 lilitan dengan berbentuk kotak yang berdimensi 2x2x4 dan diberi sumber tegangan 9 V serta arus 0.9 A, Sehingga menghasilkan medan magnet sebesar 11 mT. Untuk mencari nilai suseptibilitas magnetik, dilakukan pengukuran medan magnet ketika tidak ada bahan dan ketika ada bahan. Dan didapatkan hasil pengukuran untuk batu basal ( $4,44 \pm 0,45$ )x  $10^{-3}$ (SI) dengan pengukuran berulang sebanyak 35 kali. dan nilai

suseptibilitas magnetik batu basal pada buku Telford (0,2-175)x  $10^{-3}$ (SI). Alat ukur ini dapat mengukur suseptibilitas magnetik berbagai macam bahan, dengan mengganti tempat sampelnya menjadi wadah yang tahan terhadap cairan dan pas untuk dimasukkan benda padat sehingga tidak ada celah udara.

Pada penelitian ini, alat ukur yang dibuat masih banyak kekurangan, seperti nilai medan magnet yang dihasilkan kumparan belum tentu hasilnya sama dengan perhitungan pada persamaan (1). Sehingga perlu di uji besar medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan dengan gaussmeter untuk membandingkan nilai medan magnetik yang dihasilkan dari perhitungan dengan alat ukur yang standar.

Kemudian untuk sampel yang digunakan, disarankan untuk uji ulang pengukuran sampel menggunakan alat ukur yang sudah standar untuk membandingkan hasil pengukuran alat ukur yang dibuat oleh peneliti dengan alat ukur yang sudah standar, sehingga dapat diketahui keakuratan alat ukur suseptibilitas yang dibuat oleh peneliti.

#### Daftar Pustaka

- Abdullah, Faisal Mohammad. 2014. "Pendugaan Jenis Batuan Bawah Permukaan Daerah Bendungan Karangates Menggunakan Metode Geomagnetik." *Brawijaya Physics Student Journal* 2,(1).
- Corporation, NVE. 2019. "AA/AB Series Analog Magnetic Sensors." *NVE Corporation*: 1–20.
- Hakim, Arif Rahman, Adi Susilo, and Sukir Maryanto. 2014. "Indikasi Penyebaran Kontaminan Sampah Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus: TPA Supit Urang, Malang)." *Natural B*.
- Huliselan, Estavanus Kristian, and Satria Bijaksana. 2007. "Identifikasi Mineral Magnetik Pada Lindi (Leachate)." *Jurnal Geofisika* 2.
- Kosaka, K. 2000. "Evaluating Landslide Deposits along the Tsurukawa Fault Zone, Japan, Using Magnetic Susceptibility." *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*.
- Pratiwi, Rahma et al. 2016. *IDENTIFIKASI SIFAT MAGNETIK TANAH DI DAERAH TANAH LONGSOR*.
- Rizkiawan, Muhammad Aldo, Ayi Syaeful Bahri, and Dwa Desa Warnana. 2018. "Rancang Bangun Alat Pengukuran Suseptibilitas Dan Penampilan Karakteristik Magnetik Batuan." *Jurnal Geosaintek*.
- Telford, William Murray, L. P. Geldart, and Robert E. Sheriff. 1990. "Telford - Applied Geophysics." *Book*.
- Tipler, P.A. 1998. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Jilid I (Terjemahan)*.
- Zulaikah, Siti. 2015. "Prospek Dan Manfaat Kajian Kemagnetan Batuan Pada Perubahan Iklim Dan Lingkungan." *Jurnal Fisika (Semarang)*.