

Ernidawati, S.Pd, M.Sc.
Dr, Darmadi, M.Si.
Naila Fauza, M.Pd.
Nur Adh Dhuha

Insight
MEDIATAMA

ALAT EKSPERIMEN PENGUJIAN PERMEABILITAS BAHAN LOGAM

ALAT EKSPERIMEN PENGUJIAN PERMEABILITAS BAHAN LOGAM

Penulis : Ernidawati, S.Pd., M.Sc.
Dr. Darmadi, M.Si.
Naila Fauza, M.Pd.
Nur Adh Dhuha
Editor : Muhammad Rouf
Desain Cover : Muzammil Akbar
Ilustrasi : Freepik

Ukuran : 14.8 x 21 cm; Hal : v + 65 hlm (70)
Cetakan I, November 2023
ISBN 978-623-8450-09-1



Penerbit

Insight Mediatama

Watesnegoro No. 6 (61385) Mojokerto
Whatsapp 087762245559
mail@insightmediatama.co.id
www.insightmediatama.co.id

© All Rights Reserved Ketentuan Pidana Pasal 112-119 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatu

Alhamdulillah, segala puji selalu kami panjatkan kepada Allah SWT atas ridho-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan buku berjudul “Alat Eksperimen Pengujian Permeabilitas” dengan lancar tanpa kendala berarti.

Selamat datang dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi yang penuh dengan inovasi dan penemuan. Buku ini merupakan suatu upaya untuk memberikan wawasan yang mendalam tentang salah satu aspek penting dalam dunia rekayasa, yaitu permeabilitas. Permeabilitas adalah kemampuan bahan untuk memungkinkan mengalir melewati baik panjang atau lebar, misal garis medan listrik atau magnet. Kebutuhan logam yang mengandung magnet atau memiliki permeabilitas bahan yang tinggi (ferromagnetik) sangatlah tinggi, sehingga dibutuhkan suatu alat untuk mengetahui sifat kemagnetan logam untuk digunakan baik itu dalam industri, pembangkit listrik, dan lain-lain.

Buku ini disusun dengan tujuan utama untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang konsep permeabilitas, metode pengukuran, dan pengujian eksperimental yang digunakan dalam penelitian dan industri. Kami berharap bahwa buku ini akan menjadi sumber rujukan yang berharga bagi para insinyur, ilmuwan, mahasiswa, dan profesional di berbagai disiplin ilmu yang terkait dengan permeabilitas.

Pengembangan buku ini melibatkan banyak penelitian, pengalaman, dan dedikasi dari para penulis serta berbagai kontributor yang telah berbagi pengetahuan mereka. Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua individu yang telah berpartisipasi dalam proses ini dan berkontribusi untuk menghasilkan buku ini.

Kami juga ingin menekankan bahwa perkembangan teknologi dalam pengujian permeabilitas terus berkembang, dan buku ini mencoba mencakup sebanyak mungkin informasi terbaru. Namun, kami juga mengakui bahwa dunia ilmu pengetahuan adalah lingkungan yang dinamis, dan kami mendorong para pembaca untuk selalu mencari pengetahuan yang terbaru.

Akhirnya, kami berharap bahwa buku ini akan menjadi panduan yang bermanfaat dalam menjembatani pemahaman teori dengan praktik di lapangan. Terima kasih telah memberikan perhatian Anda pada buku ini. Semoga buku ini memberikan wawasan yang berharga dan mendukung penelitian serta perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Pekanbaru, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I	
PENDAHULUAN	1
A. Hakekat Pembelajaran IPA.....	1
B. Eksperimen Fisika	8
C. Magnet	12
D. Medan Magnet.....	16
E. Permeabilitas Magnet.....	23
BAB II	
LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN ALAT	29
A. Menyiapkan Alat dan Bahan	29
B. Merangkai Alat dan Bahan	45
BAB III	
PENGUNAAN ALAT.....	52
BAB IV	
HASIL PEMBUATAN ALAT EKSPERIMEN PENGUJIAN	
PERMEABILITAS BAHAN LOGAM.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	59
TENTANG PENULIS	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Hakikat Pembelajaran IPA

Pendidikan merupakan segala bentuk usaha yang dilakukan oleh seseorang ataupun sekelompok orang yang bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan potensi-potensi yang dimiliki baik secara jasmani dan rohani sesuai dengan nilai-nilai yang ada dianut dalam kehidupan masyarakat dan kebudayaan setempat. Di Indonesia pendidikan diatur dalam UU No. 20 Tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional. Menurut Undang-undang tersebut sistem pendidikan nasional adalah keseluruhan komponen pendidikan yang saling terkait secara terpadu untuk mencapai tujuan pendidikan nasional.

Sains mempunyai dua dimensi, yakni dimensi dinamik dan dimensi statis. Dimensi dinamik dari sains menggambarkan sains sebagai aktivitas (proses) riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang

mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya). Dimensi ini akan dikaji lebih lanjut pada bagian berikutnya yang disebut sebagai hakikat sains sebagai proses. Hakikat sains sebagai proses ini yang melahirkan keterampilan proses sains yang menjadi keterampilan kunci atau keterampilan sentral pada penemuan ilmiah (ilmuwan atau peneliti) dan pembelajaran (guru dan siswa). Dimensi statik dari sains menggambarkan sains sebagai produk sistem ide-ide (konten sains), yang pada dasarnya merupakan produk dari aktivitas riset dan pengkajian dalam sains. Dimensi ini akan dibahas dalam hakikat sains sebagai produk. Berdasarkan uraian-uraian di atas, maka fokus bahasan dalam artikel ini adalah hakikat sains yang dispesifikkan pada fisika, keterbatasan sains dan keterampilan proses sains (Indonesia et al. 2020).

Dalam dunia pendidikan teknologi pembelajaran terus mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan zaman. Dalam pelaksanaan pembelajaran sehari-hari sering ditemukan adanya pemanfaatan dari

perkembangan teknologi dalam dunia pendidikan, seperti yang sering dilakukan oleh guru atau dosen yaitu mengkombinasikan alat teknologi dalam proses pembelajaran (Sumintono dkk, 2012). Hal ini dikarenakan teknologi sangat berpengaruh dalam proses pembelajaran. Dengan adanya teknologi dapat menarik perhatian peserta didik. Jika seorang guru belajar menggunakan sebuah media pembelajaran, maka hal ini dapat menarik perhatian peserta didik untuk lebih giat belajar dan menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif. Selain itu teknologi telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan alat-alat digital, perangkat lunak, dan internet semakin mendominasi di setiap aspek kehidupan manusia. Dalam dunia pendidikan, teknologi sudah membawa perubahan besar dalam cara guru mengajar dan peserta didik belajar, sehingga media pembelajaran yang lebih modern sangat diperlukan dalam meningkatkan upaya rajin belajar pada peserta didik.

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan salah satu mata pelajaran wajib bagi peserta didik di jenjang Sekolah Menengah sesuai dengan kurikulum 2013 yang digunakan oleh pendidikan di Indonesia saat ini. Mata pelajaran IPA ini memiliki tujuan untuk memberikan pemahaman kepada peserta didik tentang proses dan kejadian yang didapat di alam sehingga peserta didik dapat mengkaji berbagai macam teori dan proses suatu fenomena yang terjadi di alam termasuk manusia.

Bahan kajian dan objek dari IPA adalah alam semesta beserta isinya dan interaksi yang terjadi di alam, sehingga menimbulkan gejala dan fenomena alam. Fenomena tersebut tidak terkotak-kotak seperti ilmu-ilmu dasar dan terapan yang ada. Hanya saja keterbatasan kompetensi manusia menyebabkan IPA terkotak-kotak yang meliputi ilmu kimia, biologi, fisika, dan bumi antariksa sebagai proses untuk membentuk hukum, model, dan teori yang memungkinkan orang untuk memprediksi, menjelaskan, dan mengendalikan tingkah laku alam (Sudarmin 2015). Fisika merupakan cabang ilmu

pengetahuan alam yang membahas tentang fenomena-fenomena yang terjadi di alam semesta. Ilmu fisika sering dianggap sulit bagi siswa disekolah. Terkhusus siswa sekolah menengah atas (SMA), hal ini dikarenakan materi yang dipelajari siswa SMA tidak sama dengan materi yang dipelajari anak sekolah menengah pertama (SMP) dan sekolah dasar (SD). Materi fisika yang dipelajari anak SD dan SMP masih bersifat dapat dilihat oleh mata. Sedangkan materi fisika yang dipelajari anak SMA sudah masuk ketinggian yang lebih tinggi atau abstrak. Sehingga hal ini yang membuat siswa SMA menganggap bahwa materi fisika itu sulit.

Bidang fisika merupakan bidang yang berkaitan dengan cara mencari tahu dan memahami alam secara sistematis, sehingga fisika bukan hanya suatu penguasaan sekumpulan pengetahuan yang berupa fakta, konsep dan prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan (Ariani, Saptaningrum, and Siswanto 2017). Oleh karena itu, peserta didik perlu didorong untuk memecahkan masalah, menemukan segala sesuatu untuk

dirinya, dan berupaya keras mewujudkan ide-idenya dengan keterampilan proses. Fisika merupakan salah satu mata pelajaran sains yang erat kaitannya dengan kehidupan manusia. Fisika akan bermanfaat bagi manusia jika diwujudkan melalui teknologi. Dengan fisika, setiap tugas menjadi lebih mudah berkat penerapan fisika yang melibatkan teknologi kompleks. Banyak konsep fisik yang dapat digabungkan menjadi satu bentuk perangkat berkat teknologi. Dalam artian ada perangkat yang hanya menggunakan satu konsep fisik dan ada juga yang menggunakan beberapa konsep fisik. Fisika akan mendasari perkembangan peralatan yang digunakan manusia. Penemuan-penemuan terkini di bidang fisika akan menyempurnakan teknologi yang ada. Disadari atau tidak, pada hakikatnya setiap manusia membutuhkan ilmu pengetahuan dan mengikuti perkembangan teknologi agar dapat menjalani kehidupan secara harmonis. Dimana perkembangan teknologi tentunya merupakan implikasi dari ilmu fisika yang telah dipelajari oleh para ahli di bidangnya. Belajar fisika mempunyai banyak manfaat.

Tanpa ilmu fisika, segala peralatan canggih yang dapat mempermudah pekerjaan manusia tidak akan bisa terwujud (Harefa 2019).

Proses pembelajaran melibatkan banyak pihak yang berbeda, tidak hanya pendidik dan peserta didik. Namun peran bahan ajar juga sangat diperlukan dalam proses pembelajaran. Pembelajaran bertujuan untuk menciptakan suasana tertentu pada saat proses pembelajaran agar siswa merasa nyaman dalam belajar. Hakikat belajar adalah proses berinteraksi dengan segala kondisi yang ada disekitar siswa. Pembelajaran didefinisikan sebagai proses yang diarahkan pada tujuan dan sebagai proses mengambil tindakan melalui pengalaman yang diciptakan. Untuk mencapai kompetensi diperlukan pengukuran/penilaian. Menilai hasil pembelajaran memerlukan pengolahan dan analisis yang akurat (Sidoarjo 2018).

B. Eksperimen Fisika

Kegiatan eksperimen (kerja ilmiah) selalu dikembangkan dengan memberikan pengalaman belajar secara langsung melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses yang meliputi kemampuan mengamati, mengukur, menggolongkan, mengajukan pertanyaan, menyusun hipotesis, merencanakan eksperimen termasuk mengidentifikasi variabel-variabel yang terlibat dalam eksperimen, membuat dan menafsirkan informasi / grafik / data, menerapkan konsep, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan, baik secara verbal maupun non verbal serta dikembangkan sejumlah sikap dan nilai yang meliputi rasa ingin tahu, jujur, terbuka, kritis, teliti, tekun, berdaya cipta, kerja sama, peduli terhadap lingkungan. Berbagai teori yang diterima peserta didik dari guru di ruang kelas akan lebih bermanfaat jika peserta didik tersebut dapat membuktikan sendiri melalui eksperimen dan pengamatan, sehingga dengan terlibat langsung dalam proses pembelajaran peserta didik akan

memperoleh kemampuan yang dapat bertahan lebih lama pada dirinya (Emda 2017).

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan pengetahuan yang sistematis dan tersusun secara teratur, berlaku umum atau universal, dan berupa kumpulan data hasil observasi dan eksperimen (Purworejo et al. 2013). IPA merupakan suatu kumpulan pengetahuan tersusun secara sistematis, dan dalam penggunaannya secara umum terbatas pada gejala-gejala alam. Perkembangan IPA tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan fakta, tetapi oleh adanya metode ilmiah dan sikap ilmiah (Trianto, 2012). Dengan demikian IPA adalah kumpulan pengetahuan sistematis yang mempelajari tentang sebab dan akibat kejadian di alam yang diperoleh dari observasi atau eksperimen yang perkembangannya ditandai adanya fakta, metode ilmiah dan sikap ilmiah. Salah satu cabang IPA adalah pembelajaran fisika.

Fisika adalah cabang ilmu pengetahuan alam (IPA) yang mempelajari gejala alam yang tidak hidup atau materi dalam lingkungan hidup ruang dan waktu serta semua

interaksi yang menyertainya. Tujuan dari mempelajari gejala tersebut untuk memperoleh produk fisika yang bersifat khas dan dapat menjelaskan gejala tersebut. Produk fisika terdiri dari konsep, hukum, dan teori (Mujizatullah, 2018).

Menurut pendapat ahli tersebut dapat diambil definisi dari pembelajaran fisika yakni suatu rangkaian kegiatan mempelajari fisika yang dilaksanakan oleh peserta didik untuk memperoleh produk fisika berupa konsep, hukum dan teori melalui bantuan pendidik yang memberikan ilmu dengan beragam cara agar peserta didik mendapatkan hasil yang maksimal dalam perubahan tingkah lakunya.

Kegiatan eksperimen merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam pembelajaran fisika, karena dalam kegiatan ini diperoleh pengalaman yang meliputi ranah kognitif, afektif dan psikomotor. Pelaksanaan kegiatan eksperimen fisika sangat penting dalam mendukung pembelajaran yang harus menekankan pada aspek proses. Hal ini menjadi dasar pada tujuan pembelajaran fisika

sebagai proses, yaitu untuk dapat meningkatkan kemampuan keterampilan berpikir peserta didik, sehingga peserta didik tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik, tetapi juga mampu untuk berpikir secara sistematis, objektif, dan juga kreatif (Bodnarova et al. 2013). Alat-alat yang ada di laboratorium dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran di laboratorium, kelas ataupun di luar kelas. Dengan kegiatan eksperimen ini diharapkan peserta didik terampil dan lebih memahami konsep fisika.

Pelaksanaan eksperimen fisika di sekolah sekarang ini masih menghadapi banyak kendala. Permasalahan yang dihadapi guru dalam melaksanakan eksperimen antara lain kurangnya peralatan dan bahan eksperimen, serta kurangnya pengetahuan dan keterampilan guru dalam mengelola kegiatan eksperimen.

Sebagai calon guru fisika SMP, siswa program harus memiliki pengetahuan mendalam tentang kompetensi pengelolaan pembelajaran. Hal ini sejalan dengan tujuan pelatihan guru IPA di LPTK Indonesia khususnya untuk

melatih calon guru IPA yang mempunyai pengetahuan pendidikan yang luas dan mempunyai kemampuan atau keterampilan Merancang, melaksanakan dan mengelola kegiatan pembelajaran (Wattimena, Suhandi, and Setiawan 2014).

C. Magnet

Magnet adalah sejenis logam yang juga dikenal sebagai besi berani. Magnet memiliki medan kuat yang dapat menarik partikel besi yang lain padanya. Kata magnet berasal dari kata Yunani “magnítis lithos” berarti "batu magnesium". Disebut demikian karena magnet pertama ditemukan di wilayah kecil Asia yang disebut Magnesia. Hal yang menarik dari magnet ini adalah ketika magnet digantung, arahnya ditunjukkan dalam arah utara-selatan. Magnetit sendiri bisa berarti batu. Magnet dikelompokkan berdasarkan penampilannya, ada dua jenis yaitu magnet alami dan magnet buatan.

1. Magnet Alam

Magnet alam merupakan magnet yang ada di alam tanpa campur tangan manusia. Kemagnetan magnet alam

terjadi karena pengaruh medan magnet dari planet bumi. Magnet alam terdapat di dalam tanah berupa bijih besi magnet dalam bentuk besi oksida (Fe_3O_4). Magnet alam tidak banyak digunakan untuk kepentingan manusia karena ketersediaannya tidak seberapa dan kekuatan unsur-unsur kemagnetannya pada umumnya tidak cukup besar. Magnet alam (dalam bentuk batu) ditemukan pertama kali di daerah Magnesia, Asia Kecil. Karena daerah penemuan asal ini lah benda aneh tersebut dinamai magnet. Adapun dalam hal penggunaan praktisnya, menurut sejarah, bangsa Cina lah yang pertama kali memanfaatkannya sekitar tahun 2637 SM, yaitu sebagai alat yang menyerupai fungsi kompas menentukan arah mata angin atau kutub bumi.

2. Magnet Buatan

Magnet dapat secara sengaja dibuat oleh manusia dari baja atau besi murni, serta dari bahan paduan seperti paduan baja dengan nikel atau paduan antara aluminium, kobalt, dan nikel (alnico). Berdasarkan sifat-sifat bahan terhadap pengaruh magnet, bahan-bahan itu digolongkan menjadi empat bagian yaitu :

a) Ferromagnetik

Bahan Ferromagnetik. Benda-benda ferromagnetik adalah benda-benda atau bahan-bahan yang sangat mudah dipengaruhi oleh magnet dan juga dengan mudah dapat dibuat magnet. Bahan-bahan ini ialah berupa logam murni dan logam paduan. Logam murni yang merupakan bahan ferromagnetik adalah besi, baja, nikel, dan kobalt. Bahan ini sangat banyak digunakan terutama untuk magnet sementara. Adapun logam paduan yang termasuk bahan ferromagnetik antara lain: baja-kobalt, baja-nikel, aluminium-nikelkobalt (alnico), besi-nikel (permalloy), besi-nikel-kobalt (perminvar), dan sebagainya. Alnico banyak macamnya, tergantung banyaknya bagian-bagian dari paduan. Di antara bahan-bahan tersebut, yang paling mudah dipengaruhi oleh kekuatan magnet yaitu besi dan baja lunak. Kedua macam bahan ini sangat banyak digunakan untuk magnet sementara, seperti untuk bel listrik, kutub elektromagnet motor listrik, dan sebagainya. Tetapi, dalam industri bahan ini dapat juga dijadikan magnet permanen.

b) Diamagnetik

Bahan Diamagnetis. Bertolak belakang dengan bahan ferromagnetik, bahan diamagnetik ialah bahan yang sukar sekali dipengaruhi oleh magnet. Bahan ini mempunyai permeabilitas (angka koefisien kemagnetan) kurang dari satu. Jika benda diamagnetis di udara atau di ruang hampa udara didekatkan magnet, maka benda ini akan ditolak oleh magnet itu sekalipun dengan pengaruh gaya tolak yang sangat kecil. Contoh zat yang termasuk bahan diamagnetik ialah: bismuth, antimon, seng murni, air raksa, timbal, perak, emas, air, fosfor, dan tembaga.

c) Paramagnetik

Bahan Paramagnetis. Bahan ini dapat dipengaruhi oleh magnet tetapi tidak dapat dibuat magnet. Yang termasuk bahan paramagnetis ialah: mangan, platina, aluminium, magnesium, timah (tin), oksigen, dan udara.

d) Non magnetic

Bahan Non magnetis. Bahan non magnetis ini tidak dapat dipengaruhi magnet dan juga tidak dapat dibuat magnet. Sebagai contoh misalnya kaca, kertas, dan kayu.

Dalam klasifikasi lainnya, karena bahan diamagnetis sangat sukar dipengaruhi oleh magnet, seringkali bahan diamagnetis dimasukkan ke dalam golongan bahan non magnetis (Nugroho Gunaryo Setyo, dkk, 2020).

D. Medan Magnet

Kemagnetan merupakan peristiwa yang sudah umum dalam kehidupan sehari-hari. Bumi adalah magnet raksasa dengan kutub utara magnet bumi berada pada kutub selatan geografis bumi, dan kutub selatan magnet bumi berada pada kutub utara geografis bumi. Magnet dapat dibentuk oleh dua kutub (*dwipole*), yakni kutub utara (*U*) dan kutub selatan (*S*). Tidak pernah dijumpai magnet yang berkutub tunggal (*monopole*).

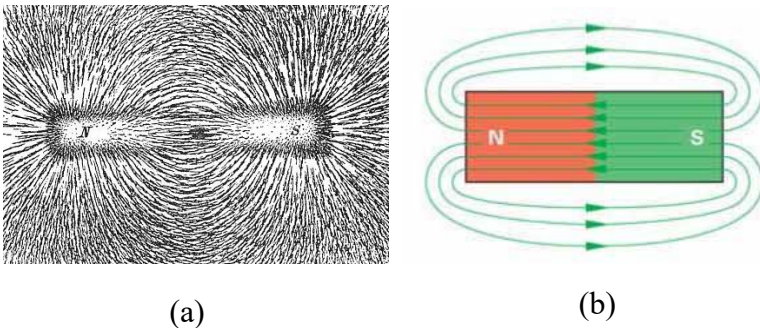
Selain sifat khasnya dapat menarik benda-benda berunsur besi, magnet memiliki bagian yang sangat unik yang disebut kutub magnet. Fenomena kutub magnet diselidiki pada tahun 1269 oleh de Maricourt. Dalam studinya itu ia mengamati adanya sepasang kutub pada benda magnetik yang merupakan kekuatan gaya terbesar pada magnet. Kutub-kutub ini kemudian dinamakan

dengan “kutub utara” dan “kutub selatan”. Jika kutub yang sama didekatkan maka akan saling menolak, dan jika kutub yang berlainan didekatkan akan saling menarik. Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu Utara dan Selatan. Dari kedua kutub tersebut mengalir garis gaya magnet, yaitu dari kutub Utara ke kutub Selatan. Garis gaya magnet tersebut merambat lewat udara di sekitar batang magnet. Pada magnet berbentuk batang, lintasan yang harus dilalui oleh garis gaya magnet melalui udara relatif panjang, sehingga gaya magnet pada magnet batang lebih lemah. Pada magnet berbentuk U, lintasan yang perlu dilalui oleh garis gaya magnet di udara lebih pendek, maka gaya magnet berbentuk U lebih kuat.

Garis-garis medan magnet dapat digambarkan seperti garis-garis medan listrik tampak pada Gambar 1, sedemikian sehingga arah medan magnet merupakan tangensial terhadap suatu garis di titik mana saja dan jumlah garis per satuan luas sebanding dengan besar medan magnet. Arah medan magnet pada suatu titik bisa

didefinisikan sebagai arah yang ditunjuk kutub utara sebuah jarum kompas ketika diletakkan di titik tersebut.

Gambar 1(a) menunjukkan bagaimana suatu garis medan magnet ditemukan sekitar magnet batang dengan menggunakan serbuk besi. Medan magnet yang ditentukan dengan cara ini untuk medan magnet di luar magnet batang digambarkan pada Gambar 1(b). Garis-garis tersebut selalu menunjuk dari kutub utara menuju kutub selatan magnet.



Gambar 1 (a) Penggambaran garis medan magnet batang dan (b) Garis-garis medan magnet di luar magnet batang.

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet yang gaya tarik/tolakannya masih dirasakan oleh magnet lain.

Medan magnet pada umumnya mengitari bagian-bagian kutub magnet. Medan magnet terdiri dari garis-garis fluks imajiner yang berasal dari partikel bermuatan listrik yang bergerak atau berputar. Contohnya partikel proton yang berputar dan pergerakan elektron yang mengalir pada kawat dalam bentuk sirkuit elektronik.

Secara garis besar ada dua jenis magnet berdasarkan bagaimana medan magnetnya tercipta, yaitu:

- Magnet permanen

Magnet permanen tidak tergantung akan adanya pengaruh dari luar dalam menghasilkan medan magnetnya. Magnet ini dapat dihasilkan oleh alam atau dapat dibuat dari bahan feromagnetik (bahan yang memiliki respon yang kuat terhadap medan magnet).

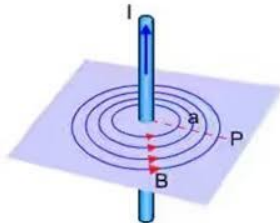
- Elektromagnet

Elektromagnet adalah magnet yang medan magnetnya tercipta karena adanya arus listrik yang mengalir. Semakin besar arus yang diberikan, maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan.

Medan magnet terdiri dari beberapa bentuk yaitu;

1. Medan Magnet pada Kawat Lurus

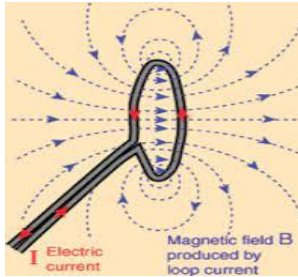
Bentuk garis medan magnet pada kawat panjang yang dialiri arus listrik berbentuk lingkaran konsentris mengelilingi kawat tersebut, tampak pada Gambar 2. Arah dari medan magnetnya tegak lurus terhadap kawat dan searah dengan jari-jari pada tangan kanan yang ditekuk, dan arah arusnya sesuai dengan arah ibu jari.



Gambar 2. Garis medan magnet pada kawat lurus

2. Medan Magnet pada Kawat Berbentuk Loop

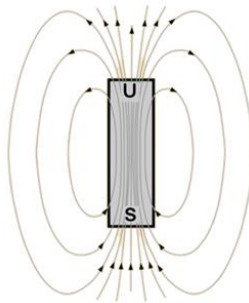
Arus listrik yang mengalir pada kawat berbentuk loop menghasilkan medan magnet lebih terpusat pada bagian tengah dibandingkan pada bagian luar loop, tampak pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Garis medan magnet pada kawat loop

3. Medan Magnet pada Magnet Batang

Medan magnet pada sebuah batang magnet berbentuk garis tertutup. Melalui hasil konvensi, arah medan magnet keluar dari kutub utara (N) menuju kutub selatan (S), dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

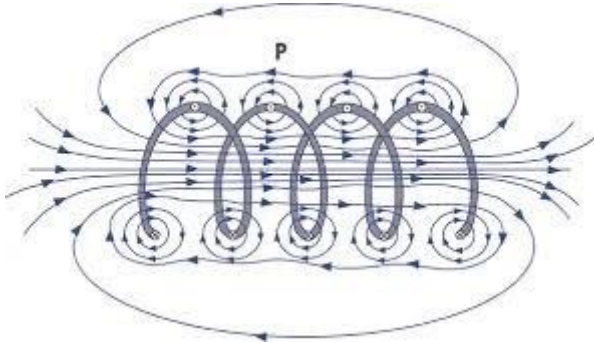


Gambar 4. Garis medan magnet pada magnet batang

4. Medan Magnet pada *Solenoid*

Solenoid merupakan kawat berarus listrik berbentuk loop yang biasanya dililitkan pada inti dari besi sehingga

menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang seragam dihasilkan pada pusat solenoid, sedangkan medan magnet yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah, tampak pada Gambar 5 berikut.

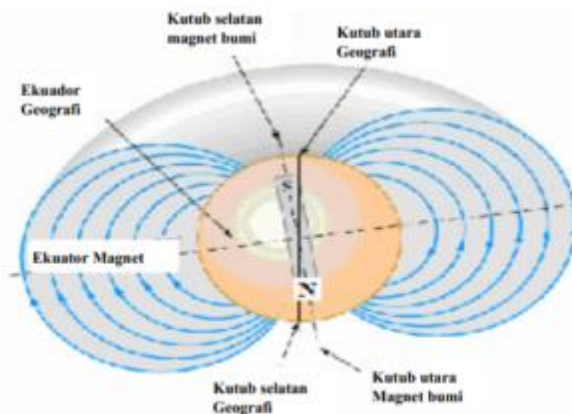


Gambar 5. Garis medan magnet pada *solenoid*

5. Medan Magnet pada Bumi

Meskipun pola medan magnet bumi mirip dengan medan magnet batang yang jauh terkubur di dalam bumi. Bumi memiliki banyak kandungan bijih besi jauh di bawah permukaan bumi, tetapi karena suhu yang sangat tinggi di dalam inti bumi mencegah magnetisasi permanen. Para ilmuwan mempertimbangkan bahwa sumber medan magnet bumi berasal dari arus konveksi dalam inti bumi, hal itu disebabkan oleh peredaran ion atau elektron pada besi cair

di inti bumi. Arah medan magnetnya serupa dengan arah medan magnet pada kawat berbentuk loop seperti Gambar 6.



Gambar 6. Medan magnet bumi (Sidoarjo 2018)

E. Permeabilitas Magnet

Bahan magnetik adalah suatu bahan yang memiliki sifat kemagnetan dalam komponen pembentuknya. Menurut sifatnya terhadap pengaruh kemagnetan, bahan dapat diklasifikasikan menjadi bahan diamagnetik, paramagnetik, dan feromagnetik. Setiap bahan magnetik memiliki parameter-parameter magnetik di antaranya magnetisasi, momen magnetik, permeabilitas dan suseptibilitas magnetik.

Permeabilitas magnet merupakan konstanta pembanding antara rapat fluks medan magnet (\mathbf{B}) dengan kuat medan magnet (\mathbf{H}). Suseptibilitas magnetik (\mathbf{X}_m) adalah ukuran dasar sifat kemagnetan suatu bahan, ditunjukkan dengan adanya respon terhadap induksi medan magnet. Dengan adanya suseptibilitas magnet suatu bahan, maka dapat diketahui sifat-sifat magnetik lain bahan tersebut. Momen magnetik merupakan ukuran kuat medan magnet dan magnetisasi (\mathbf{M}) merupakan momen magnet per satuan volume (Young & Freedman, 2002).

Bahan feromagnetik adalah bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi dan mudah sekali dialiri garis-garis gaya magnet atau biasa disebut dengan bahan magnet yang memiliki kekuatan medan magnet yang tinggi. Bahan magnet yang mempunyai medan magnet tinggi akan menghasilkan keuntungan berupa peningkatan efisiensi operasi. Contoh bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi antara lain besi, baja, dan *stalloy*.

Elektromagnet terdiri atas tiga unsur penting, yaitu jumlah lilitan, kuat arus, dan besi. Semakin banyak lilitan

dan semakin besar arus listrik yang mengalir maka semakin besar medan magnet yang dihasilkan. Selain itu medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet tergantung pada besi yang digunakan. Apabila kawat dililitkan pada sebuah yang terbuat dari bahan logam dan dialiri arus, maka akan muncul medan magnet di sekitar dan tersebut menjadi magnet.

Kebutuhan akan magnet permanen setiap tahun semakin meningkat, terutama untuk kebutuhan *hardware* komputer dan energi. Untuk kebutuhan energi di Indonesia, yang menjadi prioritas adalah energi baru dan terbarukan. Energi ini untuk menggantikan energi yang berasal dari bahan fosil seperti BBM dan batu bara. Salah satu sumber energi baru dan terbarukan adalah angin, sehingga dibuat pembangkit listrik tenaga angin. Dalam sebuah sistem pembangkit listrik, generator merupakan salah satu komponen utama dimana sistem kerjanya tergantung kepada magnet permanen. Fungsi magnet pada generator adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Magnet adalah salah satu sumber energi lain yang sering dilupakan, padahal energi yang dihasilkan cukup tinggi dan tanpa efek pencemaran lingkungan. Karena itulah, sampai saat ini kebutuhan magnet selalu diimpor dari mancanegara untuk memenuhi kebutuhan magnet di Indonesia.

Berdasarkan survei angket untuk analisis pendahuluan yang diisi oleh 32 orang Guru Fisika Sekolah Menengah Atas yang ada di Riau, 100% alat eksperimen untuk menentukan permeabilitas bahan logam pada materi medan magnet belum tersedia, dan 100% tidak pernah melakukan eksperimen untuk menentukan permeabilitas bahan logam pada materi medan magnet, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram lingkaran

Alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam adalah sebuah perangkat yang dirancang dengan tujuan khusus, yaitu untuk mengukur kemampuan bahan yang memungkinkan mengalir melewati baik panjang atau lebar, misal garis medan listrik atau magnet. Kebutuhan logam yang mengandung magnet atau memiliki permeabilitas bahan yang tinggi (ferromagnetik) sangatlah tinggi, sehingga dibutuhkan suatu alat untuk mengetahui sifat kemagnetan logam untuk digunakan baik itu dalam industri, pembangkit listrik, dan lain-lain.

Dalam dunia pendidikan, alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam ini dapat digunakan oleh mahasiswa dan siswa SMA untuk materi medan magnet. Alat ini membantu peserta didik memahami konsep permeabilitas dan memberi mereka pengalaman praktis dalam melakukan eksperimen. Dengan demikian, tujuan akhir dari pembuatan alat eksperimen ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana bahan-bahan logam berperilaku terhadap aliran fluida. Hal ini memungkinkan kita untuk membuat

keputusan yang lebih baik dalam berbagai aplikasi rekayasa dan ilmiah, serta mendukung pengembangan material dan proyek-proyek konstruksi yang lebih baik.

Alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam ini diujikan ke siswa SMA yang ada di Pekanbaru. Kami dapat dukungan dari beberapa sekolah untuk menguji alat ini di sekolah tersebut. Siswa-siswi dibagi menjadi beberapa kelompok, masing-masing bertanggung jawab untuk mengukur arus dengan multimeter dan rapat fluks medan magnet menggunakan tesla meter. Mereka dengan cermat mencatat data dan mengamati perbedaan arus dan rapat fluks untuk bahan logam dan jumlah lilitan yang berbeda-beda. Setelah melakukan eksperimen, siswa SMA dapat mengetahui bahwa permeabilitas bahan logam-logam tersebut.

BAB II

LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN ALAT

A. Menyiapkan Alat dan Bahan

Sebelum alat dan bahan dirangkai langkah pertama yang dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam.

1. Trafo

Transformator (trafo) merupakan peranti elektronika yang berbentuk gulungan kawat atau terbuat dari dua kumparan yang saling tersekat secara elektris dan terlilit pada bahan inti yang biasanya membentuk rangkaian magnetik tertutup, tampak pada Gambar 8 tertutup.



Gambar 8. Trafo

Fungsinya mengubah nilai tegangan ac dan sebagai pentransformasi atau untuk memindahkan tenaga listrik dari *input* ke *output*. Banyak rangkaian elektronika yang menggunakan transformator. Termasuk alat eksperimen pengujian permeabilitas ini. Prinsip kerja transformator berdasarkan asas fluks magnetik, yaitu prinsip induksi antara dua kumparan kawat terisolasi yang dililitkan mengelilingi kepingan-kepingan inti besi lunak. Transformator terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder atau kumparan masukan dan kumparan keluaran. Transformator beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetisme. Ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber listrik ac, arus pada kumparan primer berubah sehingga menyebabkan perubahan medan magnet. Perubahan medan magnet diperkuat dengan adanya inti besi. Inti besi mempunyai pengaruh menciptakan kondisi agar fluks magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik dapat melewati kumparan, sehingga fluks magnet yang dihasilkan mengalir ke kumparan sekunder, sehingga timbul gaya gerak listrik induksi pada kedua ujung

kumparan sekunder. Efek ini disebut induktansi timbal balik. Jika rangkaian sekunder tertutup (rangkaiannya beban), maka arus akan mengalir pada kumparan sekunder. Jika efisiensinya sempurna (100%), seluruh energi dari kumparan primer akan dipindahkan ke kumparan sekunder. Jika kumparan primer dihubungkan dengan sumber listrik ac, maka besi lunak akan menjadi elektromagnet. Karena arus yang mengalir adalah arus bolak-balik, maka garis-garis medan elektromagnetik selalu berubah-ubah. Oleh karena itu, garis-garis medan yang mengelilingi kumparan sekunder juga berubah. Perubahan garis medan menyebabkan EMF induksi pada belitan sekunder. Hal ini menyebabkan arus bolak-balik (arus induksi) mengalir melalui kumparan sekunder. Dalam bidang ketenagalistrikan, trafo mempunyai banyak keunggulan.

Dalam sistem tenaga listrik, trafo daya digunakan untuk menaikkan tegangan dari sisi pembangkitan ke sisi transmisi (trafo *step up*) dan digunakan untuk menurunkan tegangan dari sisi transmisi ke sisi distribusi (trafo *step*

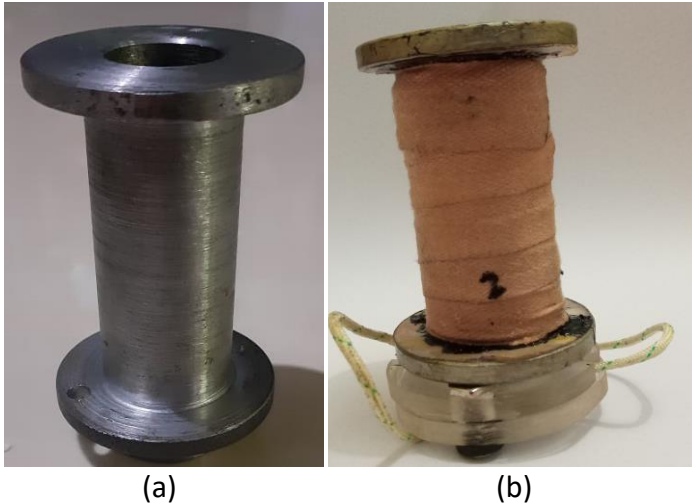
down). Hal ini untuk memastikan kerugian (kehilangan listrik berupa panas) selama pengangkutan tidak terlalu besar. Kerugian ini disebabkan oleh arus pada kawat. Untuk mengurangi rugi-rugi tersebut maka perlu dilakukan pengurangan arus pada saluran transmisi, yang dapat dicapai dengan menaikkan level tegangan pada saluran transmisi. Jika kita ingin menaikkan / menurunkan tegangan dengan perubahan kecil pada level tegangan, kita dapat menggunakan auto transformator. Selain itu trafo juga banyak digunakan pada konverter perangkat elektronik.

Biasanya alat elektronik yang sering kita gunakan seperti laptop dan handphone menggunakan arus searah, namun daya yang disediakan jaringan PLN adalah arus bolak-balik. Inilah sebabnya mengapa adaptor diperlukan. Biasanya, konverter (sumber daya dc) mencakup transformator, penyearah, filter, dan pengatur tegangan. Trafo digunakan untuk menurunkan tegangan ac saluran PLN ke level tegangan yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik. Kemudian tegangan ac ini akan disearahkan

menjadi tegangan DC menggunakan penyearah. Filter berguna untuk mengurangi riak tegangan DC, sedangkan pengatur tegangan berguna untuk menjaga agar tegangan dan arus DC tetap stabil, tidak terpengaruh oleh faktor suhu dan arus beban, dan tegangan masukan berasal dari soket filter. Trafo digunakan pada peralatan listrik terutama yang memerlukan perubahan atau pengaturan besaran tegangan bolak-balik. Misalnya saja sebuah radio membutuhkan tegangan 12 volt padahal daya PLN 220 volt, maka diperlukan trafo untuk mengubah tegangan AC 220 volt menjadi tegangan AC 12 volt.

2. Solenoid

Solenoid adalah suatu struktur fisik yang terdiri dari gulungan atau lilitan kawat yang disusun secara teratur di sekitar inti atau kerangka tertentu, tampak pada Gambar 9. Solenoid ini digunakan dalam berbagai aplikasi listrik, elektronik, dan elektromagnetik untuk tujuan khusus, seperti pembuatan induktor, transformator, antena, atau perangkat sensor.



Gambar 9. (a) Pipa bong yang berukuran 48/20 x 8 cm, kemudian dibubut sisinya, (b) solenoid 200 lilitan yang sudah dibungkus dengan isolator untuk keamanan siswa

Solenoid terdiri dari kawat yang biasanya terbuat dari bahan konduktor listrik, seperti tembaga atau aluminium. Kawat ini dililitkan dalam jumlah lilitan tertentu sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Lilitan kawat ini dapat menjadi komponen penting dalam perangkat elektronik dan listrik karena mereka memungkinkan pengubahan sinyal listrik, penghasilan medan magnet, atau peningkatan atau penurunan tegangan, tergantung pada jenis kumparan dan cara mereka terhubung dalam sirkuit. Jumlah lilitan

kawat, jenis kawat, diameter kawat, dan konfigurasi lilitan semuanya akan memengaruhi karakteristik dan fungsi kumparan kawat dalam suatu aplikasi. Dalam solenoid, jumlah lilitan dan diameter kawat akan mempengaruhi kuatnya medan magnet yang dihasilkan.

Solenoid adalah komponen yang sangat umum dalam teknologi elektronik dan listrik dan memainkan peran penting dalam mentransformasikan, menyimpan, atau memanipulasi energi listrik dan magnetik dalam berbagai aplikasi.

3. Kabel jepit buaya

Kabel jepit buaya adalah komponen penting dalam dunia elektronika yang memiliki beragam fungsi yang vital, tampak pada Gambar 10. Fungsinya mencakup penghubungan dan penghubung antara berbagai komponen elektronik, seperti resistor, kapasitor, dan transistor dalam suatu rangkaian. Kabel buaya memungkinkan aliran sinyal listrik yang esensial untuk operasi perangkat elektronik.



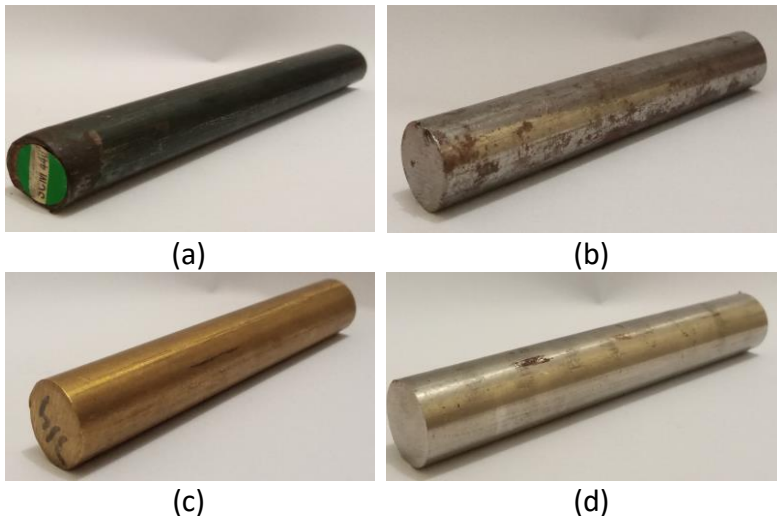
Gambar 10. Kabel jepit buaya

Kabel buaya juga berperan sebagai penghantar daya. Mereka menghantar daya listrik dari sumber daya seperti stopkontak ke perangkat elektronik seperti komputer, lampu, atau peralatan rumah tangga lainnya. Penggunaan kabel buaya ini menjadikan penggunaan daya listrik lebih aman dan praktis.

4. Logam

Logam murni yang merupakan bahan ferromagnetik adalah besi, baja, nikel, dan kobalt. Bahan ini sangat banyak digunakan terutama untuk magnet sementara. Logam yang digunakan untuk alat eksperimen pengujian permeabilitas ini ada 4 macam yakni baja yang berukuran 19 x 12 cm, besi berukuran 3/4 x 12 cm, kuningan berukuran 3/4 x 12 cm

dan *stainless steel* berukuran 3/4 x 12 cm, tampak pada Gambar 11. Di antara bahan-bahan tersebut, yang paling mudah dipengaruhi oleh kekuatan magnet yaitu besi dan baja lunak. Kedua macam bahan ini sangat banyak digunakan untuk magnet sementara, seperti untuk bel listrik, kutub elektromagnet motor listrik, dan sebagainya.



Gambar 11. (a) Baja, (b) Besi, (c) Kuningan, (d) *stainless steel*

5. Teslameter

Teslameter merupakan portable instrumen yang menggunakan bagian probe untuk mengukur kepadatan

fluks magnetik menggunakan massa gauss, tesla atau ampere/meter, tampak pada Gambar 12.



Gambar 12. Teslameter

Alat ini mampu mengukur statis (dc) dan medan bolak-balik (ac). Alat ini dapat digunakan untuk mengukur medan magnet pada kumparan pada peralatan elektronika rumah tangga seperti kipas dan pompa air, sehingga dapat mengetahui bahwa kumparan tersebut dapat berjalan dengan baik atau tidak.

6. Multimeter

Fungsi utama dari multimeter (tampak pada Gambar 13) adalah alat untuk mengukur resistansi, kapasitansi, arus listrik, tegangan AC maupun DC, menguji baik atau tidaknya suatu komponen, mengetahui sambungan rangkaian, dan sebagainya. Hasil dari pengujian tersebut akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada multimeter(Nasional, Sosial, and Measurement 2017).



Gambar 13. Multimeter analog

7. Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam rangkaian elektronika, tampak pada Gambar 14. Hampir setiap peralatan elektronika menggunakannya. Pada dasarnya resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Resistor digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian (Sofiana and Yulianti 2018). Peranti resistor juga disebut hambatan atau tahanan. Resistor termasuk konduktor yang buruk artinya semakin besar nilai hambatannya, maka semakin buruk sifat hantaran listriknya. Meskipun resistor adalah penghantar listrik yang buruk, namun sangat diperlukan dalam sistem kelistrikan dan elektronika.

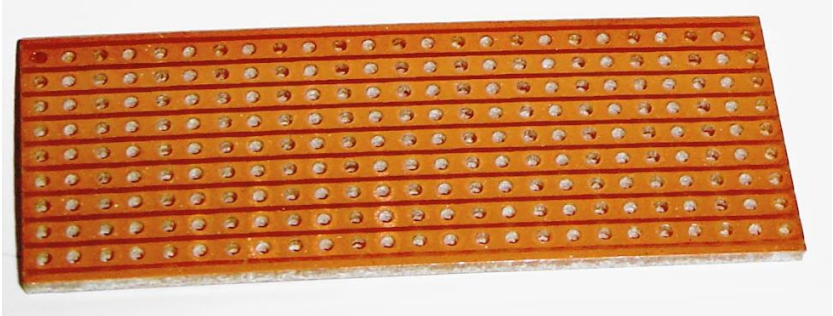


Gambar 14. Resistor

Resistor dapat dibuat dari bahan karbon, kawat tertentu maupun dari bahan semikonduktor. Fokus pembahasan disini hanya pada resistor yang tidak menggunakan semikonduktor. Resistor merupakan peranti elektronika yang berfungsi untuk mengatur arus listrik, menghambat arus listrik dalam suatu rangkaian, sebagai pembagi tegangan, dan sebagai penurun tegangan.

8. Papan Rangkaian

Fungsi dari papan rangkaian listrik yaitu untuk menghubungkan peranti-peranti elektronika, tampak pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15. Papan rangkaian

9. Kapasitor

Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan arus listrik sementara dalam bentuk muatan, tampak pada Gambar 16. Kapasitor terbuat dari dua buah lempengan logam yang saling sejajar, dan diantara kedua logam terdapat bahan isolator yang disebut dielektrik. Bahan dielektrik sendiri mempengaruhi nilai dari kapasitansi kapasitor tersebut.



Gambar 16. Kapasitor

Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran tergantung dari kapasitasnya. Kegunaan kapasitor diantaranya adalah untuk menyimpan arus listrik, sebagai filter dalam *power supply*, sebagai perata arus pada rectifier, pembangkit gelombang / frekuensi, dan mencegah terjadinya loncatan listrik pada rangkaian kumparan.

10. Dioda

Dioda merupakan peranti elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor ekstrinsik yaitu persambungan dua kital semikonduktor ekstrinsik tipe-n dan tipe-p, dapat dilihat pada Gambar 17.

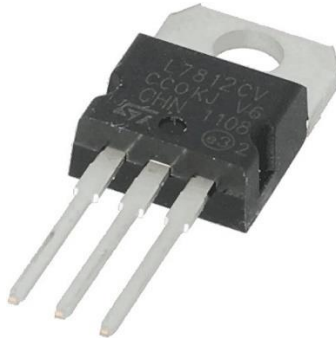


Gambar 17. Dioda

Dioda berasal dari kata 'Di' yang berarti dua dan 'oda' berarti jalur (elektroda). Jadi dioda mempunyai dua elektroda atau dua kutub yaitu lapisan anoda P (+) dan lapisan katoda N (-). Fungsi utama dioda adalah untuk pengendalian arus tegangan listrik.

11. *Integrated Circuit* (IC)

Integrated Circuit (IC) adalah komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor, tampak pada Gambar 18. IC merupakan gabungan dari komponen seperti resistor, kapasitor, diode dan transistor yang telah terintegrasi menjadi sebuah rangkaian berbentuk chip. IC digunakan sebagai penguat sinyal.

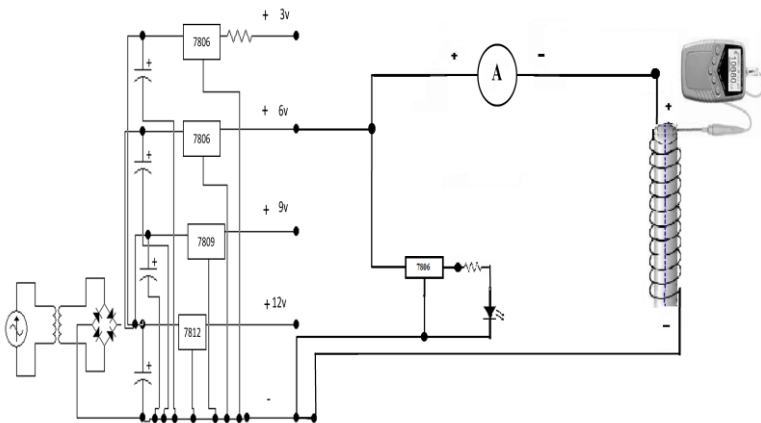


Gambar 18. *Integrated Circuit* (IC)

B. Merangkai Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam adalah bor listrik, gerinda, tang, kabel penjepit buaya dan solder. Bahan yang digunakan antara lain Kawat email 0.5 mm, Pipa besi, batang baja yang berukuran 19 x 12 cm, batang besi berukuran 3/4 x 12 cm, batang kuningan berukuran 3/4 x 12 cm dan batang *stainless steel* berukuran 3/4 x 12 cm, akrilik, baut dan mor.

Rangkaian alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam dapat dilihat pada Gambar 19 berikut,



Gambar 19. Rangkaian alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam

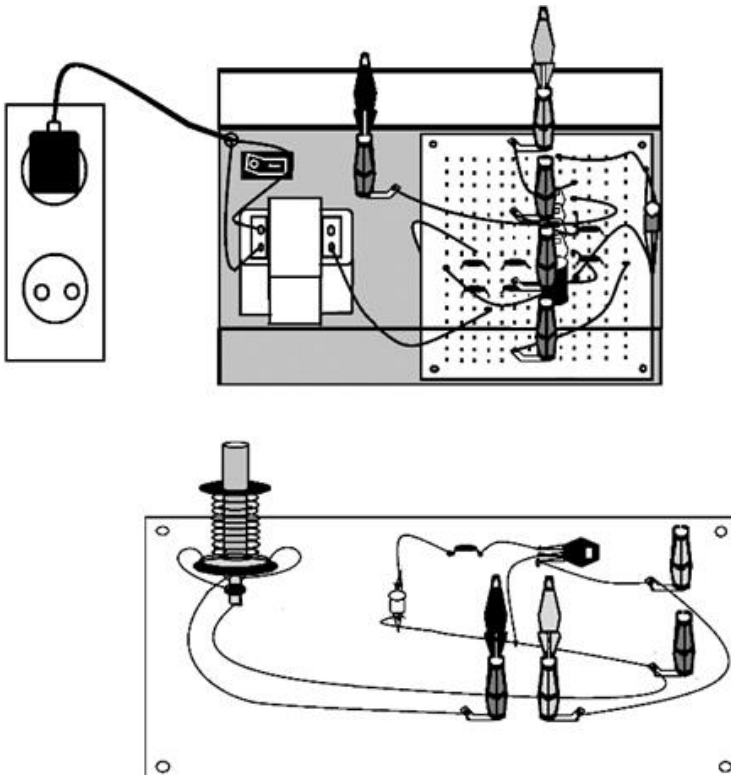
Adapun proses pembuatan alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam sebagai berikut :

- a. Memasang peranti sesuai dengan rangkaian pada Gambar 19 di papan rangkaian, kemudian rekatkan pada papan akrilik yang telah dilubangi sebelumnya.
- b. Pipa besi dipotong sepanjang 8 cm sebanyak 3 buah kemudian dibubut bagian sisinya, sehingga tampak seperti Gambar 9 (a) . Kawat tembaga beremail dililitkan pada pipa besi tersebut sepanjang 6 cm untuk 200 lilitan, 400 lilitan dan 600 lilitan, kemudian dilapisi dengan perban sebagai isolator untuk keamanan saat digunakan, dapat dilihat pada Gambar 20 berikut.



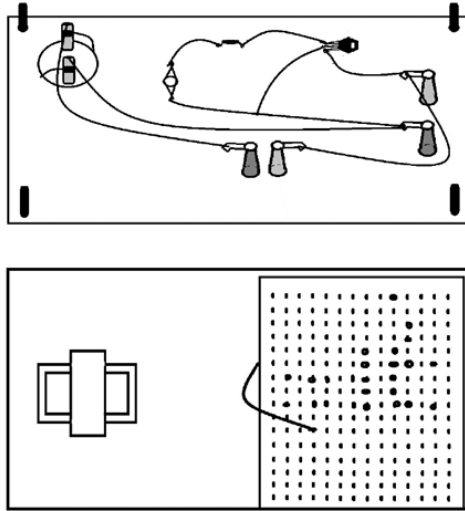
Gambar 20. Solenoid 200 lilitan, 400 lilitan, dan 600 lilitan

- c. Setelah selesai, solenoid diuji terlebih dahulu Untuk melihat solenoida menghasilkan induksi magnet yang diinginkan.
- d. Desain alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini ;
 - 1) Desain alat tampak atas



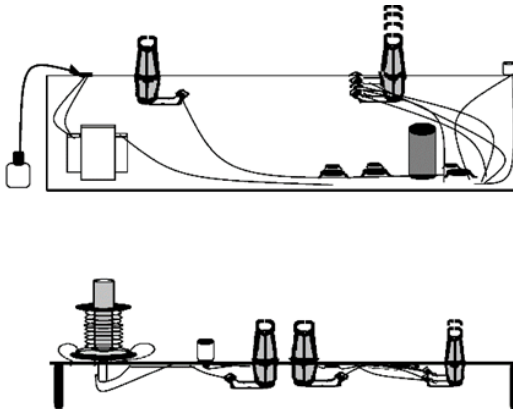
Gambar 20. Desain alat tampak atas

2) Desain alat tampak bawah



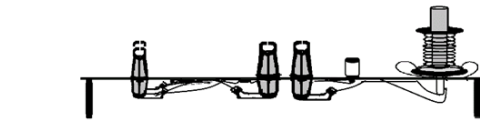
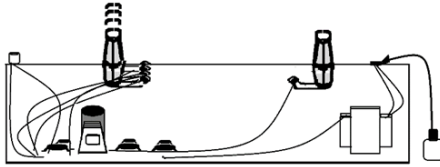
Gambar 21. Desain alat tampak bawah

3) Desain alat tampak depan



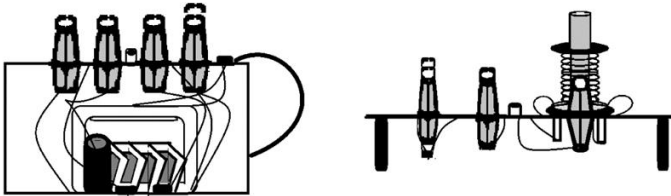
Gambar 22. Desain rangkaian tampak depan

4) Desain alat tampak belakang



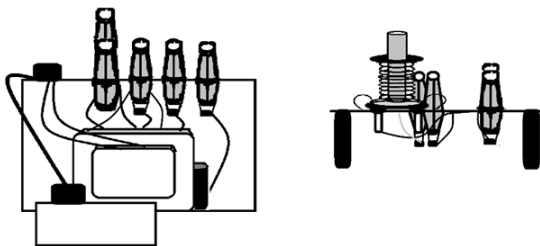
Gambar 23. Desain alat tampak belakang

5) Desain alat tampak samping kanan



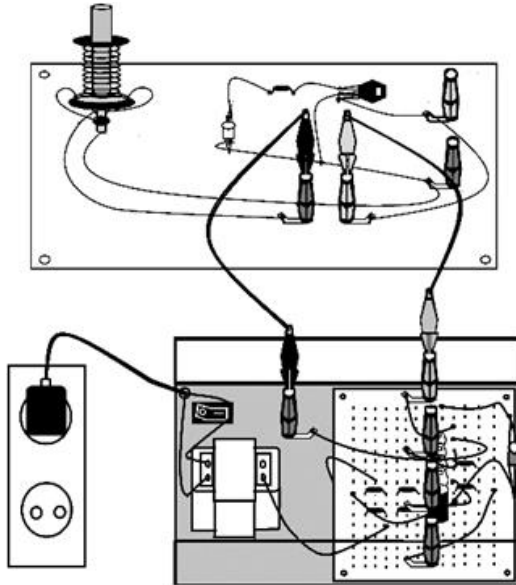
Gambar 24. Desain alat tampak samping kanan

6) Desain alat tampak samping kiri



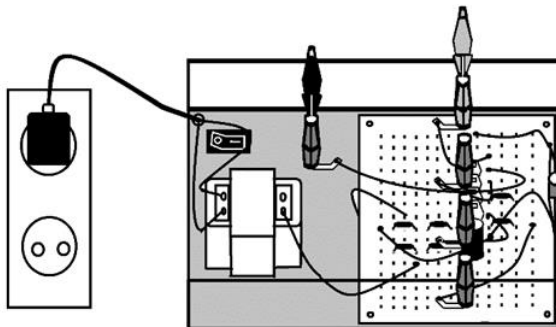
Gambar 25. Desain alat tampak samping kiri

7) Desain alat eksperimen saat digunakan



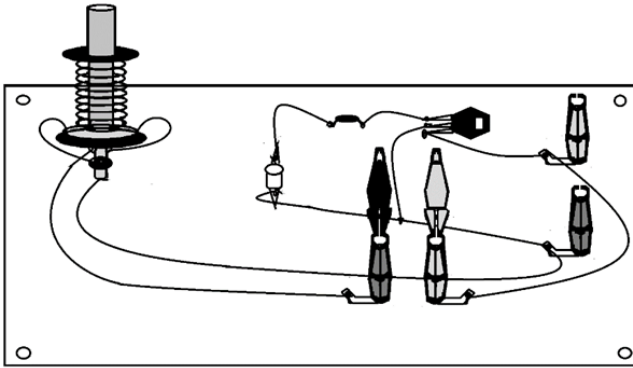
Gambar 26. Desain alat saat digunakan untuk pengambilan data

8) Desain catu daya



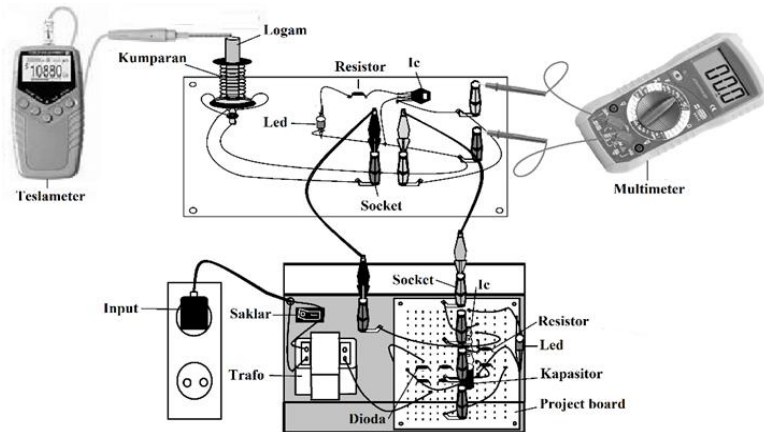
Gambar 27. Desain catu daya

9) Desain dudukan solenoid



Gambar 29. Desain dudukan solenoid

10) Desain alat secara keseluruhan



Gambar 30. Desain alat secara keseluruhan

Alat ukur yang digunakan untuk pengujian permeabilitas bahan logam adalah teslameter dan multimeter.

BAB III

CARA PENGGUNAAN ALAT

Berikut cara penggunaan alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan yaitu;

1. Logam yang digunakan berbahan baja, kuningan, besi, dan *stainless steel*.
2. Siapkan catu daya dengan keluaran dc 6 volt.
3. Siapkan dudukan untuk meletakkan solenoid 200 lilitan pada *banana socket*.
4. Logam baja, besi , kuningan, dan *stainless steel* dimasukkan ke dalam rongga solenoid secara bergantian.
5. Gunakan alat ukur multimeter untuk mengukur arus, dan teslameter untuk mengukur rapat fluks medan magnet.
6. Ulangi langkah 4-5 untuk tegangan 9 volt, dan 12 volt, dengan solenoid 400 lilitan dan 600 lilitan secara bergantian.
7. Catat hasil pengukuran pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas baja / besi / kuningan/ logam/ udara

N (lilitan)	V_i (V)	I (A)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6					
	9					
	12					
400	6					
	9					
	12					
600	6					
	9					
	12					

Kuat medan magnet (H) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = \frac{NI}{l} \quad (3.1)$$

Dengan N jumlah lilitan, I kuat arus listrik (A), dan l panjang solenoid (m). Permeabilitas bahan (μ) dihitung dengan persamaan :

$$\mu = \frac{B}{H} \quad \text{dan} \quad \mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (3.2)$$

Dengan B rapat fluks medan magnet (mT) dan μ_0 Permeabilitas ruang hampa $4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/Am. Rata-rata permeabilitas relatif bahan dihitung dengan persamaan :

$$\overline{\mu_r} = \frac{\sum \mu_{rn}}{n} \quad (3.3)$$

BAB IV
HASIL PEMBUATAN ALAT EKSPERIMEN PENGUJIAN
PERMEABILITAS BAHAN LOGAM

Alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam merupakan alat eksperimen untuk menentukan permeabilitas bahan logam yang dijadikan sebagai media pembelajaran fisika bagi peserta didik SMA untuk materi medan magnet sub bab sifat kemagnetan bahan. Alat eksperimen ini dapat dilihat pada Gambar 31 berikut,



Gambar 31. Alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam

Data hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan alat eksperimen pengujian permeabilitas bahan logam dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas udara

N (lilitan)	V_i (V)	I (mA)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6	0,45	0,00023	1,500000	0,0000001533	0,1220807
	9	0,55	0,00031	1,833333	0,0000001691	0,1346265
	12	0,6	0,00034	2,000000	0,0000001700	0,1353503
400	6	0,235	0,00024	1,566667	0,0000001532	0,1219677
	9	0,285	0,00032	1,900000	0,0000001684	0,1340932
	12	0,31	0,00035	2,066667	0,0000001694	0,1348367
600	6	0,19	0,00032	1,900000	0,0000001684	0,1340932
	9	0,21	0,00035	2,100000	0,0000001667	0,1326964
	12	0,22	0,00037	2,200000	0,0000001682	0,1339027

Tabel 3. Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas bahan baja

N (lilitan)	V_i (V)	I (mA)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6	0,45	1,76	1,50000	0,0011733333	934,182590
	9	0,55	2,12	1,83333	0,0011563636	920,671685
	12	0,6	2,31	2,00000	0,0011550000	919,585987
400	6	0,235	1,84	1,56667	0,0011744681	935,086055
	9	0,285	2,26	1,90000	0,0011894737	947,033188
	12	0,31	2,37	2,06667	0,0011467742	913,036778
600	6	0,19	2,26	1,90000	0,0011894737	947,033188
	9	0,21	2,48	2,10000	0,0011809524	940,248711
	12	0,22	2,59	2,20000	0,0011772727	937,319050

Tabel 4. Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas bahan kuningan

N (lilitan)	V_i (V)	I (mA)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6	0,45	0,00061	1,50000	0,0000004067	0,323779
	9	0,55	0,00072	1,83333	0,0000003927	0,312681
	12	0,6	0,00082	2,00000	0,0000004100	0,326433
400	6	0,235	0,00065	1,56667	0,0000004149	0,330329
	9	0,285	0,00075	1,90000	0,0000003947	0,314281
	12	0,31	0,00086	2,06667	0,0000004161	0,331313
600	6	0,19	0,00078	1,90000	0,0000004105	0,326852
	9	0,21	0,00085	2,10000	0,0000004048	0,322263
	12	0,22	0,00089	2,20000	0,0000004045	0,322090

Tabel 5. Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas bahan besi

N (lilitan)	V_i (V)	I (mA)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6	0,45	0,17	1,50000	0,0001133333	90,233546
	9	0,55	0,21	1,83333	0,0001145455	91,198610
	12	0,6	0,23	2,00000	0,0001150000	91,560510
400	6	0,235	0,18	1,56667	0,0001148936	91,475810
	9	0,285	0,22	1,90000	0,0001157895	92,189071
	12	0,31	0,24	2,06667	0,0001161290	92,459421
600	6	0,19	0,22	1,90000	0,0001157895	92,189071
	9	0,21	0,24	2,10000	0,0001142857	90,991811
	12	0,22	0,25	2,20000	0,0001136364	90,474812

Tabel 6. Hasil Pengukuran dan perhitungan permeabilitas bahan stainless stell

N (lilitan)	V_i (V)	I (mA)	B (mT)	H (A/m)	μ (Wb/Am)	μ_r
200	6	0,45	0,0012	1,50000	0,0000008000	0,636943
	9	0,55	0,0015	1,83333	0,0000008182	0,651419
	12	0,6	0,0017	2,00000	0,0000008500	0,676752
400	6	0,235	0,0013	1,56667	0,0000008298	0,660659
	9	0,285	0,0016	1,90000	0,0000008421	0,670466
	12	0,31	0,0018	2,06667	0,0000008710	0,693446
600	6	0,19	0,0016	1,90000	0,0000008421	0,670466
	9	0,21	0,0018	2,10000	0,0000008571	0,682439
	12	0,22	0,0019	2,20000	0,0000008636	0,687609

Benda yang dapat ditarik magnet ada yang dapat ditarik kuat, dan ada yang ditarik secara lemah. Oleh karena itu, benda dikelompokkan menjadi tiga, yaitu benda feromagnetik, benda paramagnetik, dan benda diamagnetik. Benda-benda magnetik yang bukan magnet dapat dijadikan magnet. Benda itu ada yang mudah dan ada yang sulit dijadikan magnet. Besi mudah untuk dibuat magnet, tetapi jika setelah menjadi magnet sifat kemagnetannya mudah hilang. Oleh karena itu, besi digunakan untuk membuat magnet sementara.

Permeabilitas bahan relatif yang diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan alat yang

dibuat sesuai dengan teori. Rata-rata permeabilitas bahan relatif baja 932,688582 dan besi 91,419185, serta permeabilitas bahan (μ) yang didapatkan lebih besar daripada permeabilitas ruang vakum (μ_0) maka termasuk Ferromagnetik, dimana $\mu_r \gg 1$. Untuk rata-rata permeabilitas bahan relatif Udara 0,1315164, kuningan 0,323336 dan *stainless steel* 0,670022, serta Apabila permeabilitas bahan (μ) yang didapatkan lebih kecil daripada permeabilitas ruang vakum (μ_0), maka termasuk diamagnetik dimana $\mu_r < 1$.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, Afdal. 2013. "Karakterisasi Sifat Magnet Dan Kandungan Mineral Pasir Besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat." *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas* 5(1): 24–30.
- Ariani, Dayu, Ernawati Saptaningrum, and Joko Siswanto. 2017. "Instrumen Penilaian Keterampilan Kerja Ilmiah Pada Pembelajaran Fisika Berbasis Inquiry." *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* 7(2): 109–17.
- Bilalodin, Sunardi, and Muhtar Effendy. 2013. "Analisis Kandungan Senyawa Kimia Dan Uji Sifat Magnetik Pasir Besi Pantai Ambal." *Jurnal Fisika Indonesia XVII*(50): 29–31.
- Bodnarova, Agata et al. 2013. "Virtual Laboratory." *ICETA 2013 - 11th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings*: 53–58.
- Emda, Amna. 2017. "Laboratorium Sebagai Sarana Pembelajaran Kimia Dalam Meningkatkan Pengetahuan Dan Keterampilan Kerja Ilmiah." *Lantanida Journal* 5(1): 83.
- Harefa, Agnes Renostini. 2019. "Peran Ilmu Fisika Dalam Kehidupan Sehari-Hari." *Jurnal Warta* 60(April): 1–10.

Indonesia, Jurnal Filsafat et al. 2020. "Hakikat Fisika Dan Keterampilan Proses Sains." 3(3): 72–80.

Junursyah, G.M. Lucki, and Wanda Rahmat. 2019. "Potensi Endapan Pasir Besi Di Daerah Grabag Dan Sekitarnya Berdasarkan Data Geomagnet." *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* 20(2): 75.

Kiswanto, Heri, Abdul Hakim Prima Yuniarto, Nurul Imani Istiqomah, and Edi Suharyadi. 2021. "Struktur Kristal Dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Mn-Ferrite Yang Disintesis Dari Bahan Alam Pasir Besi." *Jurnal Fisika Unand* 10(4): 413–20.

Lusiyana, Ayu, and Fatkhur Rohman. 2014. 4 *Jurnal Fisika Unnes Uji Sifat Magnetik Pasir Pantai Melalui Penentuan Permeabilitas Relatif Menggunakan Logger Pro.*

Nasional, Konferensi, Ilmu Sosial, and Basic Electrical Measurement. 2017. "Penerapan Dan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Pada Pengukuran Komponen Elektronika." : 226–30.

Ouda, Ahmed S., and Hamdy A. Abdel-Gawwad. 2017. "The Effect of Replacing Sand by Iron Slag on Physical, Mechanical and Radiological Properties of Cement Mortar." *HBRC Journal* 13(3): 255–61. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2015.06.005>.

Purworejo, Negeri, Jawa Tengah, Kampus li, and Jl Pramuka

Lt. 2013. "Pembelajaran Ipa Model Integrated Untuk Meningkatkan Motivasi Dan Hasil Belajar Pada Pokok Bahasan Energi Di Smp Negeri Purworejo, Jawa Tengah." *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya* 4(1 & 2): 01–10.

Sidoarjo, Universitas Muhammadiyah. 2018. "Makalah Magnet Jenis Magnet dan peruntukkannya dalam pembelajaran.": 1–13.

Sofiana, Ana, and Ian Yulianti. 2018. "Identifikasi Nilai Hambat Jenis Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu." 6(1): 1–6.

Sudarmin. 2015. "Model Pembelajaran Inovatif Kreatif (Model PAIKEM Dalam Konteks Pembelajaran Dan Penelitian Sains Beruatan Karakter).": 1–144.

Wattimena, H S, A Suhandi, and A Setiawan. 2014. "Pengembangan Perangkat Perkuliahan Kreaativitas Mahasiswa Calon Guru dalaam Development of Physics Experiment Lectures Instrument to Improve Pre-Service Teachers Creativity in Designing Physics Practical Work." 10(2): 128–39.

Yulianto, Agus, Satria Bijaksana, Waloejo Loeksmanto, and Kurnia Daniel. 2003. "Produksi Hematit (Alfa-Fe2O3) Dari Pasir Besi Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan." *Jurnal Sains Materi Indonesia* 5(1): 51–54.

TENTANG PENULIS



Ernidawati lahir di Teluk Pinang Kabupaten Indragiri Hilir pada tanggal 26 November 1985. Jenjang Pendidikan Dasar ia tempuh di SD Negeri 001 Teluk Pinang (tahun 1991– 1997), jenjang Pendidikan Menengahnya di SMP Negeri 1 Teluk Pinang (tahun 1997-2000) dan di SMA Negeri 1 Teluk Pinang (tahun 2000-2003). Kemudian ia melanjutkan kuliah S1 di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Riau (tahun 2003-2007), dan kuliah S2 di Ilmu Fisika Universitas Gadjah Mada (tahun 2009-2011). Sejak 2011 sampai saat ini ia mengabdikan sebagai Dosen di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau.



Darmadi dilahirkan di Teluk Sungka, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau, pada 1 September 1974. Masuk Sekolah Dasar di SDN 006 Kampung Manggis dan tamat pada tahun 1986 di SDN 005 Teluk Sungka, SMP tamat tahun 1989 di SMP Pelita Teluk Sungka, dan SMA tamat tahun 1993 di SMAN 1 Gaung Anak Serka. Jenjang sarjana tamat pada tahun 2000 pada Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau dan jenjang magister tamat pada tahun 2003 di Jurusan Biologi Institut Teknologi Bandung. Jenjang doktor tamat tahun 2021 pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau Pekanbaru. Menjadi Dosen pada Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau sejak 2004.



Naila Fauza lahir di Rengat Kabupaten Indragiri Hulu pada tanggal 1 Maret 1991. Jenjang pendidikan formal yang ia tempuh mulai dari Sekolah Dasar Negeri 016 Rengat (Tahun 1996- 2003). Selanjutnya SMPN 1 Rengat (Tahun 2003-2006) dan SMAN 1 Rengat (Tahun 2006-2009). Kemudian melanjutkan Strata 1 ke Perguruan Tinggi Negeri di Universitas Negeri Padang Prodi Pendidikan Fisika (Tahun 2009-2013) masa studi 3,5 tahun lulus dengan predikat cumlaude. Pernah mengajar Fisika di SMAN 1 Rengat dan SMAN 1 Rengat Barat (Tahun 2013-2014). Kemudian melanjutkan jenjang Magister Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Padang (Tahun 2014-2016). Pada tanggal 1 Januari 2017 ia mengabdikan diri di Universitas Riau sebagai dosen Program Studi Pendidikan Fisika sampai sekarang.



Nur Adh Dhuha lahir di Tenggayun Kabupaten Bengkalis pada tanggal 20 April 2003. Jenjang pendidikan formal yang ia tempuh mulai dari Sekolah Dasar Negeri 6 Bandar Laksamana (Tahun 2010-2015). Selanjutnya SMPN 1 Bandar Laksamana (Tahun 2016-2018) dan SMAN 2 Bukit Batu (Tahun 2019-2021). Dan sekarang melanjutkan Strata 1 di Perguruan Tinggi Negeri jantung hati Masyarakat Riau yaitu Universitas Riau sebagai mahasiswa program studi Pendidikan fisika.