

Bahan Ajar

Bimbingan Teknis Penggerak Komunitas Belajar Berbasis Mapel

Fisika

untuk Guru SMA/SMK

Disusun oleh:
Penulis (Kandi)
Pengkaji (Deny Darmawan)



BALAI BESAR GURU PENGGERAK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
TAHUN 2024

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
PENDAHULUAN	1
A. Fluida	4
1. Fluida Statis.....	4
2. Fluida Dinamis.....	13
B. Medan Magnet dan Induksi Elektromagnet	18
C. Latihan	33
D. Aktivitas	36
1. Aktivitas Materi Hukum Pokok Hidrostatika.....	36
Lembar Kerja Peserta Didik 1.....	36
Lembar Kerja Peserta Didik 2.....	41
2. Aktivitas Materi Debit dan Persamaan Kontinuitas	42
Lembar Kerja Peserta Didik 3.....	44
3. Aktivitas Materi Azas Bernoulli	47
Lembar Kerja Peserta Didik 4.....	49
4. Aktivitas Medan Magnet di Sekitar Kawat Penghantar Lurus yang Berarus ..	51
5. Aktivitas Medan Magnet di Sekitar Kawat Melingkar Lurus yang Berarus.....	55
Referensi	59

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sesuai dengan amanat Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2022, Balai Besar Guru Penggerak (BBGP) mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah. Dua di antara sembilan fungsi BBGP DIY yang menjadi latar belakang dilaksanakannya penguatan pelibatan komunitas pendidikan adalah: a) pelaksanaan fasilitasi peningkatan kompetensi guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; b) pelaksanaan pemantauan dan evaluasi pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; dan c) pelaksanaan kemitraan di bidang pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah.

Program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) dilaksanakan untuk mendorong penguatan penguasaan konten keilmuan dan pedagogi guru. Kedua hal tersebut merupakan dua sisi mata uang keilmuan yang sangat penting harus dikuasai guru. Penguasaan materi merupakan komponen kunci guru menguasai kompetensi yang menjadi tanggungjawabnya. Demikian juga penguasaan pedagogi, sangat krusial agar guru mampu memfasilitasi siswa belajar berhasil belajarnya. Hal ini selaras dengan pernyataan Harel dan Kien (2004; Hospesová & Tichá, 2000: 2) bahwa penguasaan materi merupakan dasar penguasaan kompetensi yang harus dimiliki guru sehingga mampu menjalankan peran pengajarannya. Sedangkan menurut Baumert dan Kunter (2006: 26-42), penguasaan materi merupakan bagian kunci penguasaan kompetensi profesional guru sehingga mampu menjalankan tugas profesi dengan sebaik-baiknya.

Hill dan Ball (2004: 332) menggarisbawahi pada aspek pentingnya guru memiliki *specialized knowledge of content* maupun *common knowledge of content*. *Specialized knowledge of content* merujuk pada pengetahuan materi yang lebih detail dibandingkan siswa. Pada saat guru mengajarkan suatu pembagian, misalnya, guru tidak cukup memahami tentang prosedur melakukan pembagian seperti yang diajarkan kepada siswa, tetapi guru juga perlu menguasai tentang mengapa dan apa makna dari suatu proses pembagian. *Common knowledge of content* tidak merujuk semata-mata hanya materi di kelas, tetapi pengetahuan yang secara umum digunakan dalam kehidupan.

Pendalaman konten merupakan salah satu titik krusial untuk terwujudnya profil pelajar Indonesia seperti telah ditetapkan di Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Pada undang-undang tersebut dinyatakan bahwa *pendidikan nasional bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab*. Mencermati rumusan tujuan pendidikan nasional tersebut jelas bahwa belajar konten keilmuan adalah esensial dalam proses pendidikan. Penguasaan ilmu pengetahuan tentu menjadi prasyarat penting menjadikan generasi baru Indonesia yang cakap dan berilmu. Bagaimana bisa menjadi cakap dan berilmu tanpa penguasaan ilmu pengetahuan yang kuat. Lebih dari sekedar cakap dan berilmu, kajian berbagai materi dalam pembelajaran merupakan wahana hebat mengembangkan siswa menjadi kreatif, mandiri, demokratis, bertanggung jawab, sehat, serta menjadi

manusia berakhlak mulia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa. Dalam konteks inilah penting bagi setiap siswa mendapatkan fasilitasi terbaik dalam mengkaji materi keilmuan dalam pembelajaran. Dan, ini membutuhkan peran guru-guru yang cakap dan berilmu dengan penguasaan keilmuan bidang keahlian yang kuat.

Selain penguasaan konten, sangat esensial bagi guru memiliki penguasaan pedagogi dan mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran di kelas. Turnuklu & Yesildere (2007: 1) menyatakan bahwa pengetahuan guru tentang materi penting tetapi tidak cukup karena guru juga harus mampu menghubungkan antara pengetahuan yang dimiliki dengan pengajarannya di kelas. Menurut Gadaniadis dan Namukasa (2007: 16), perlu ada hubungan dialektik penguasaan guru atas materi dan cara mengajarkannya. Menguasai materi saja tidak cukup tanpa didukung keilmuan untuk mengajarkannya kepada siswa. Begitu juga, menguasai dengan baik ilmu pedagogi juga tidak cukup tanpa didukung penguasaan keilmuan matematika yang memadai oleh guru. Kepincangan salah satu aspek keilmuan tersebut dapat menjadi faktor penghambat peran guru dalam mendorong sukses belajar siswa.

Sultan dan Artzt (2011: xviii) menyatakan bahwa guru dituntut menguasai *pedagogical content knowledge/PCK*). PCK memuat dua aspek, yaitu pengetahuan pedagogi dan pengetahuan konten (Setyaningrum, Mahmudi, & Murdanu, 2018: 1). Pengetahuan pedagogi merujuk pengetahuan bagaimana siswa belajar, bagaimana mengajarkan materi atau konsep, dan bagaimana menilai pemahaman siswa. Pengetahuan konten merujuk pada penguasaan guru tentang materi-materi matematika. Pengetahuan pedagogi dan konten merupakan dua aspek mendasar yang harus dikuasai guru untuk keberhasilan tugas mengajarnya. Keduanya seperti belahan ganda sekeping mata uang, menyatu, tidak terpisahkan satu dengan yang lain.

Memerhatikan hal tersebut di atas, BBGP Provinsi DIY pada tahun 2023 melaksanakan program Gebrak Kombel, akronim dari Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar. Program Gebrak Kombel merupakan program pemberdayaan dan pendampingan komunitas belajar sebagai ekosistem belajar guru melalui optimalisasi peran penggerak komunitas belajar dari guru penggerak (GP) dan guru inti (GI) sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi belajar guru untuk meningkatkan kompetensi berbasis komunitas belajar. Guru penggerak dan guru inti yang merupakan para penggerak komunitas belajar dibekali dengan penguatan penguasaan konten dan pedagogi melalui Bimtek Gebrak Kombel Berbasis Mata Pelajaran, yang selanjutnya mereka dapat mengimbaskannya pada rekan-rekan guru di komunitas belajarnya.

B. Tujuan

Program Gebrak Kombel bertujuan membangun *learning community* guru berbasis komunitas belajar melalui pemberdayaan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri. Bahan ajar ini disusun dengan tujuan sebagai bahan kajian bagi para peserta Bimtek Gebrak Kombel, baik selama mengikuti kegiatan Bimtek maupun pada saat diseminasi di kombel masing-masing. Sesuai dengan Perdirjen GTK 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, penguasaan materi pelajaran secara luas dan mendalam merupakan bagian dari kompetensi profesional guru. Kemampuan penguasaan materi pelajaran esensial untuk menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Bahan ajar ini diharapkan menjadi wahana kajian bagi guru sehingga kompeten secara profesional dalam menjalankan tugas profesinya.

C. Sasaran

Sasaran Program Gebrak Kombel sekaligus pengguna utama bahan ajar ini adalah guru jenjang TK, SD, SMP, SMA di wilayah D.I. Yogyakarta

D. Manfaat

1. Guru mendapatkan referensi untuk memperluas dan memperdalam penguasaannya pada materi pelajaran sehingga mampu menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik
2. Guru Penggerak dan Guru Inti diberdayakan sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi guru
3. Guru tergerak dan terfasilitasi untuk berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri
4. *Learning community* guru dapat terbentuk berbasis komunitas belajar sebagai ekosistem belajar untuk melakukan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan

Referensi

- Baumert, J & Kunter, M. 2006. *The COACTIV model of teachers' professional competence*. Jerman: Center for Educational Research, Max Planck Institute for Human Development
- Gadanidis, G. & Namukasa, I.K. (2007). Mathematics-for-Teachers (and Students). *Journal of Teaching and Learning*, 5(1), 13-22. <https://doi.org/10.22329/jtl.v5i1.277>
- Hill, H.C. & Ball, D.L. (2004). Learning Mathematics for Teaching: Results from California's Mathematics Professional Development Institutes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(5), 330-351. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/30034819>
- Hospesová & Tichá, M. (2000). *Developing mathematics teacher's competence*. Research Report supported by the Socrates Comenius project 87636-CP-1-2000-1-CZ-Comenius-C31 and GACR 406/02/0829 and 406/05/2444
- Setyaningrum, W., Mahmudi, A. & Murdanu. (2018). Pedagogical Content Knowledge of Mathematics Pre-service Teachers: Do they know their students?. *Journal of Physics: Conference Series*, p. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012098>
- Sultan, A. & Artzt, A.F. (2011). *The Mathematics That Every Secondary School Math Teacher Needs to Know*. New York: Routledge Taylor & Francis Group
- Turnuklu, E.B. & Yesildere, S. (2007). The Pedagogical Content Knowledge in Mathematics: Preservice Primary Mathematics Teachers' Perspectives in Turkey. *IUMPST: The Journal, Vol 1*. Retrieved from www.k-12prep.math.ttu.edu
- Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

A. Fluida

Pembahasan untuk materi fluida, dibatasi pada ruang lingkup fluida statis dan fluida dinamis. Bahasan pertama diawali pada fluida statis. Beberapa konsep yang sering diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut:

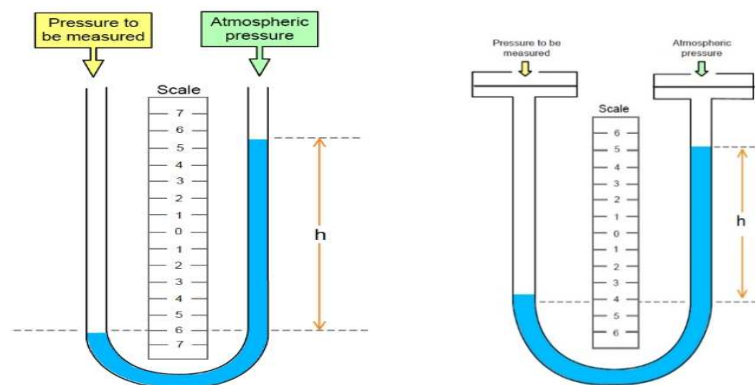
1. Fluida Statis

a. Hukum Pokok Hidrostatika

Aplikasi Hukum Pokok Hidrostatika dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan seperti di bawah ini.

1) Manometer

Manometer adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan udara /gas dalam ruang tertutup. Manometer sering digunakan pada kapal selam, tabung gas LPG, Tabung Oksigen, dan Kompresor. Ada beberapa jenis manometer, diantaranya adalah U-Tube Manometer dan Two Liquid Manometer. Manometer two liquid (Manometer dua zat cair) digunakan untuk mengukur tekanan yang sangat kecil. Manometer terdiri dari dua lubang, masing-masing memiliki luas penampang yang sama, dihubungkan oleh tabung-U dengan luas penampang yang jauh lebih kecil. Manometer mengandung dua cairan, dengan densitas yang berbeda. Cairan dengan tinggi lebih rendah, densitasnya lebih padat daripada cairan yang permukaannya lebih tinggi. Kedua cairan tidak boleh bercampur dan batasnya harus jelas. Semakin kecil selisih densitas cairan, semakin sensitif manometernya. Skala biasanya dikalibrasi oleh pabrikan dalam satuan tekanan, misal. mmHg atau Pascal, sehingga nilai tekanan dapat dibaca langsung dari perangkat.



Gambar 1 : Tabung U dan manometer 2 cairan.

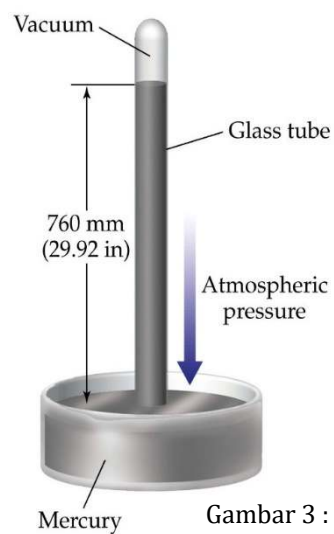
Sumber: <https://instrumentationtools.com>



Gambar 2 : Manometer pada tabung gas LPG, Tabung gas Oksigen, dan Kompresor.
Sumber: [https:// www.klikteknik.com](https://www.klikteknik.com)

2) Barometer

Hampir sama dengan manometer, barometer digunakan untuk mengukur tekanan udara disuatu tempat/ruang. Memanfaatkan selisih perbedaan 2 tekanan.



Gambar 3 : Barometer Raksa dan Barometer Klasik
Sumber: [https:// www.amazon.co.uk](https://www.amazon.co.uk)

3) Desain Bangunan Bendungan (DAM)

Bendungan atau DAM diperuntukkan untuk menampung air dalam jumlah besar. Bobot air yang besar ditambah volumenya yang banyak mampu menjebol beton. Ini disebabkan tekanan air yang begitu kuat. Semakin tinggi permukaan air, tekanan di dasar semakin kuat sehingga desain bangunan bendungan di bagian bawah dibuat lebih lebar. Selain untuk menahan tekanan air, difungsikan juga untuk menahan dinding bendungan yang menjulang tinggi.



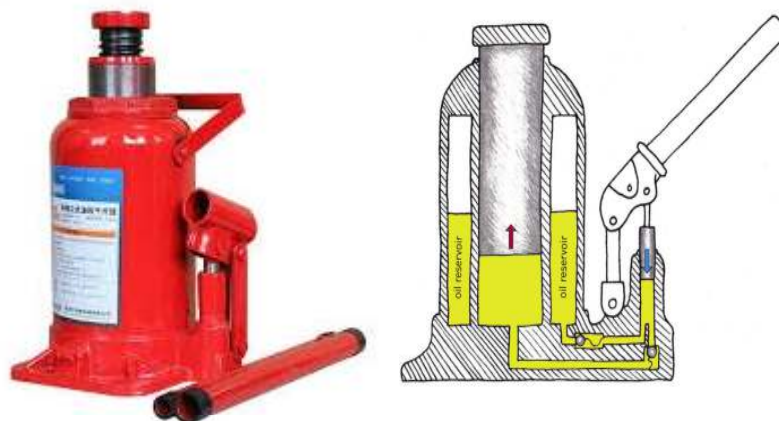
Gambar 4. Bendungan Mila di NTB

Sumber: [http:// media.suara.com](http://media.suara.com)

b. Hukum Pascal

Aplikasi hukum Pascal dikehidupan sehari-hari banyak dijumpai pada permesinan dan otomotif. Diantaranya adalah: Dongkrak hidrolik, Rem Hidrolik pada motor, Rem Hidrolik di mobil, Pengangkat mobil hidrolik di tempat cuci mobil, dan penggerak lengan (arm) serta ember (bucket) di Excavator.

1) Dongkrak Hidrolik



Gambar 5. Dongkrak Hidrolik

Sumber: <https://hargamesin.org> dan [https:// mesinhidrolik.wordpress.com](https://mesinhidrolik.wordpress.com)

Dongkrak hidrolik merupakan sebuah alat yang memanfaatkan penyebaran tekanan fluida ke segala arah. Dari tabung kecil ke tabung besar. Saat dongkrak dipompa, fluida yang ada di sekeliling tuas pengangkat, turun dan masuk ke pipa besar dibawah tuas, akibatnya tuas tertekan oleh fluida dari bawah dan terangkat ke atas. Bagaimana proses tuas terangkat saat dongkrak di pompa, saudara dan peserta didik bisa menyaksikan video di link berikut: <https://www.youtube.com/watch?v=iXXt2oGXymo>.

2) Rem Hidrolik Sepeda Motor

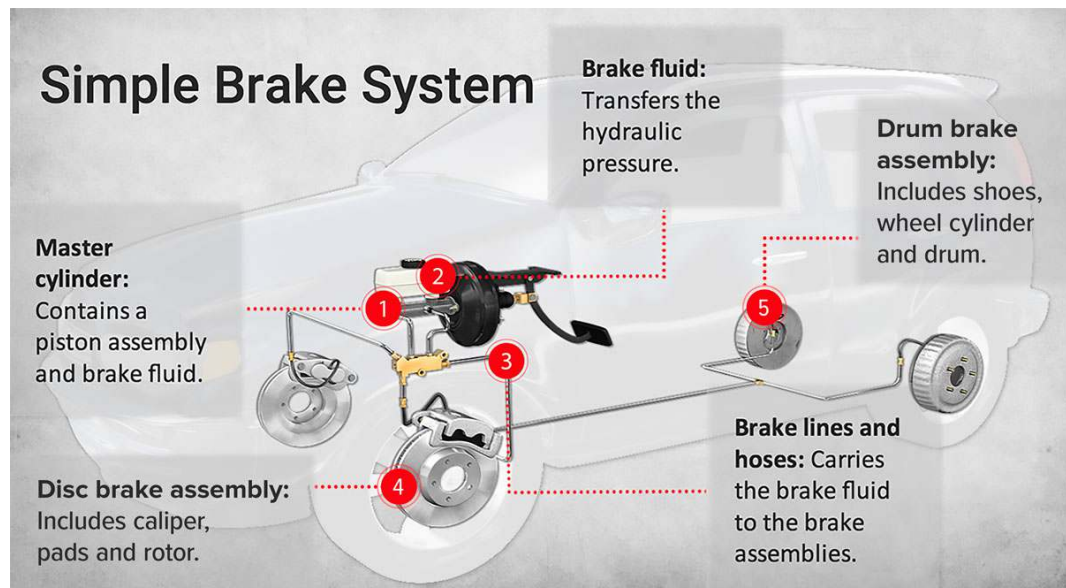


Gambar 6. Rem Hidrolik Sepeda Motor

Sumber: <https://i.ytimg.com>

Penerapan hukum Pascal pada rem hidrolik sepeda motor didasarkan pada penyebaran tekanan fluida dari master silinder rem ke kaliper rem. Saat tuas rem ditekan di stang motor, fluida (minyak rem) yang ada pada master silinder tertekan dan bergerak ke kaliper rem melalui selang rem. Tekanan yang diteruskan dari master silinder akibat tuas rem, diubah oleh mekanik di kaliper rem untuk menekan kampas rem menjepit cakram (piringan) rem, akibatnya pengereman pada roda sepeda motor terjadi. Berdasarkan mekanisme kerja rem hidrolik di sepeda motor, untuk keamanan mengendara sering-seringlah cek minyak rem, selang rem dan kampas rem. Saat minyak rem berkurang karena bocor di master silinder atau di selang rem, maka fungsi pengereman menjadi tidak maksimal, bahkan gagal. Kampas rem yang tipis juga dapat menyebabkan pengereman menjadi tidak pakem.

3) Rem Hidrolik di Mobil



Gambar 7. Rem Hidrolik Mobil
Sumber: <https://www.lesschwab.com>

Prinsip kerja rem hidrolik di mobil pada dasarnya hampir sama dengan di sepeda motor. Ketika tuas rem diinjak fluida yang berada di silinder utama (Master cylinder) tertekan dan terdorong melalui pipa rem yang menuju ke empat roda. Di kedua roda depan terdapat kaliper dengan kampas rem sebagai penjepit piringan, sedangkan di roda belakang ada drum yang di dalamnya ada kampas rem yang melebar dan menjepit drum sehingga pengereman terjadi. Saudara dan peserta didik dapat mengamati lebih jelas bagaimana proses rem hidrolik di mobil terjadi dengan mengunjungi alamat website: <https://www.lesschwab.com/article/complete-guide-to-disc-brakes-and-drum-brakes.html>.

4) Pengangkat Mobil Hidrolik

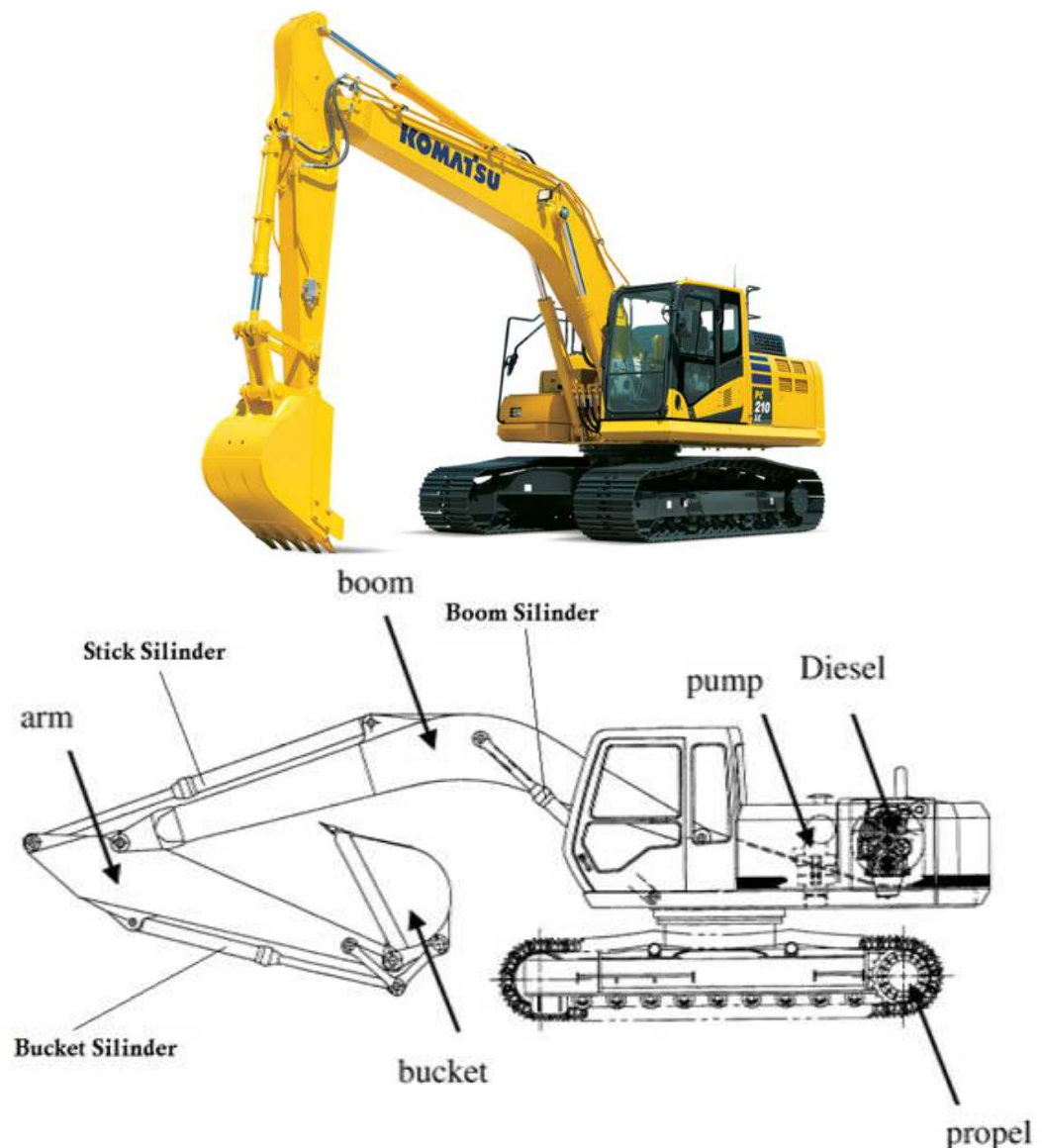


Gambar 8. Pengangkat Mobil Hidrolik
Sumber: <https://storage.jualo.com>

Pengangkat mobil hidrolik sering kita jumpai di tempat pencuci mobil. Angin yang berasal dari kompresor menekan fluida pada pipa yang ada di bawah lantai, tekanan fluida diteruskan ke pipa yang terhubung ke mekanik, dan mendorong mekanik bergerak ke atas mengangkat mobil. Untuk menurunkan mobil cukup dengan membuang angin yang disuntikkan ke pipa di bawah lantai secara perlahan-lahan. Tekanan fluida berkurang, mekanik kembali turun menarik mobil ke bawah.

5) Alat berat (Excavator)

Excavator merupakan peralatan berat yang memanfaatkan hukum Pascal dalam pengoperasiannya. Ada 3 silinder yang didalamnya terdapat fluida yang dapat diatur tekanannya melalui pompa di dekat mesin excavator. Tuas yang ada pada tiap silinder membuat Boom, arm, dan bucket bergerak sesuai yang diinginkan pengemudi (operator) Excavator.



Gambar 9. Excavator

Sumber: <https://www.komatsuamerica.com> dan <https://sersasih.files.wordpress.com>

c. Hukum Archimedes

Aplikasi hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai diberbagai sektor. Sektor industri, militer, perdagangan, kelautan dan sektor lainnya. Pembuatan hidrometer, desain kapal selam, perbaikan kapal di galangan, pembuatan jembatan ponton, desain balon udara, dan desain kapal pesiar.

1) Hidrometer

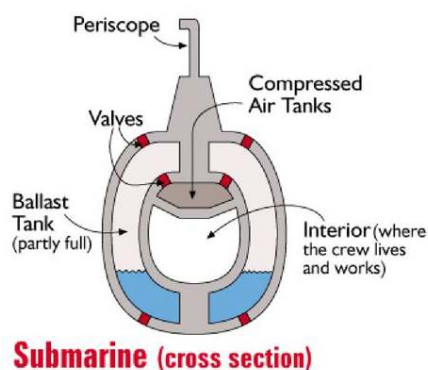
Hidrometer merupakan alat untuk mengukur massa jenis suatu fluida. Prinsip gaya apung digunakan dalam proses pembuatan hidrometer. Semakin besar massa jenis fluida semakin tinggi batang hidrometer yang muncul di permukaan fluida. Sebaliknya semakin kecil massa jenis fluida semakin tenggelam batang hidrometer. Pembuatan skala pada hidrometer didasarkan pada kalibrasi massa jenis fluida yang sudah diketahui nilainya.



Gambar 10. Hidrometer

Sumber: <https://s0.bukalapak.com> dan <https://www.brewingamerica.com/>

2) Kapal Selam



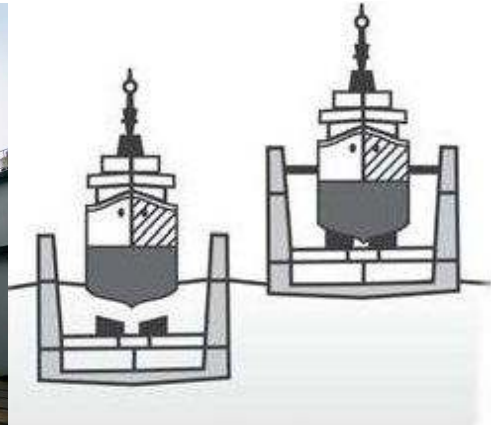
Gambar 11. Kapal Selam

Sumber: <https://www.brighthubengineering.com>

Bagian Kapal selam terdiri dari katup-katup (valves) untuk mengisi dan membuang air laut. Pada saat kapal hendak menyelam maka katup bagian atas terbuka dan air laut masuk memenuhi rongga dinding kapal selam. Akibatnya massa jenis kapal selam membesar, kapal selam tenggelam. Sebaliknya saat

hendak mengapung, bagian tangki udara tekanan tinggi (Compressed air tank), membuka katupnya untuk mengalirkan udara mendorong air laut di rongga dinding (Ballast Tank) keluar dari kapal melalui katup yang ada di dinding kapal selam. Akibatnya massa jenis kapal selam mengecil dan mampu mengapung di permukaan air laut.

3) Perbaikan kapal di galangan



Gambar 11. Galangan Kapal

Sumber: <https://1.bp.blogspot.com> dan <https://www.berpendidikan.com>

4) Jembatan ponton



Gambar 123. Jembatan Ponton

Sumber: <https://storage.googleapis.com>



Gambar 13. Balon Udara

Sumber: <http://thecoolhunter.net>, <https://image.made-in-china.com>, <https://www.apexballoons.com>, dan <https://www.goodyearblimp.com>

6) Desain kapal pesiar

Badan kapal pesiar dibuat sedemikian rupa untuk bisa menampung beban yang berat. Badan kapal yang terbenam dibuat seluas mungkin untuk memindahkan fluida sehingga timbul gaya angkat yang besar. Tentunya selain konsep gaya apung, konsep benda tegar tetap dipertimbangkan untuk membuat kapal tidak oleng saat terhempas ombak yang besar.



Gambar 15. Kapal Pesiar

Sumber: <https://eljohnnews.com>, <http://getlost.id>

2. Fluida Dinamis

1. Debit dan Persamaan Kontinuitas

Aplikasi Debit dan Persamaan Kontinuitas dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan seperti di bawah ini.

1) Semprotan air

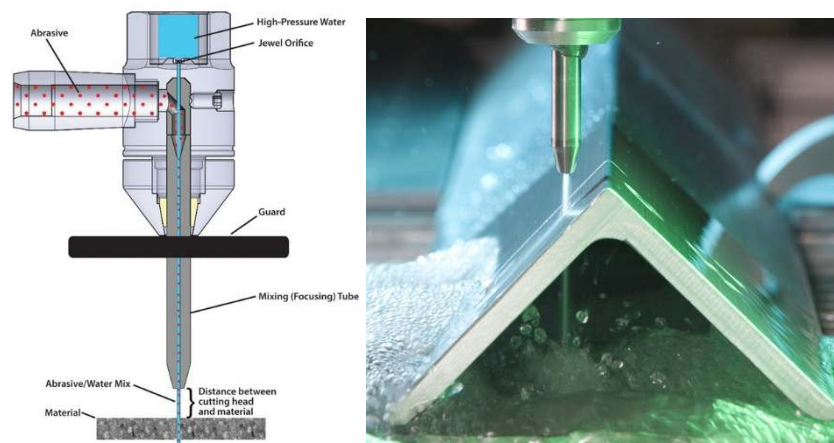
Berdasarkan persamaan kontinuitas bila debit aliran dianggap konstan maka saat ujung pipa ditekan (diperkecil penampangnya) akibatnya kecepatan semburan air makin besar. Itulah mengapa saat kita hendak menyiram tanaman yang jaraknya jauh, cukup dengan memencet ujung selang.



Gambar 14 : semprotan air.

Sumber: <http://aeroengineering.co.id>

2) Water Jet Cutter



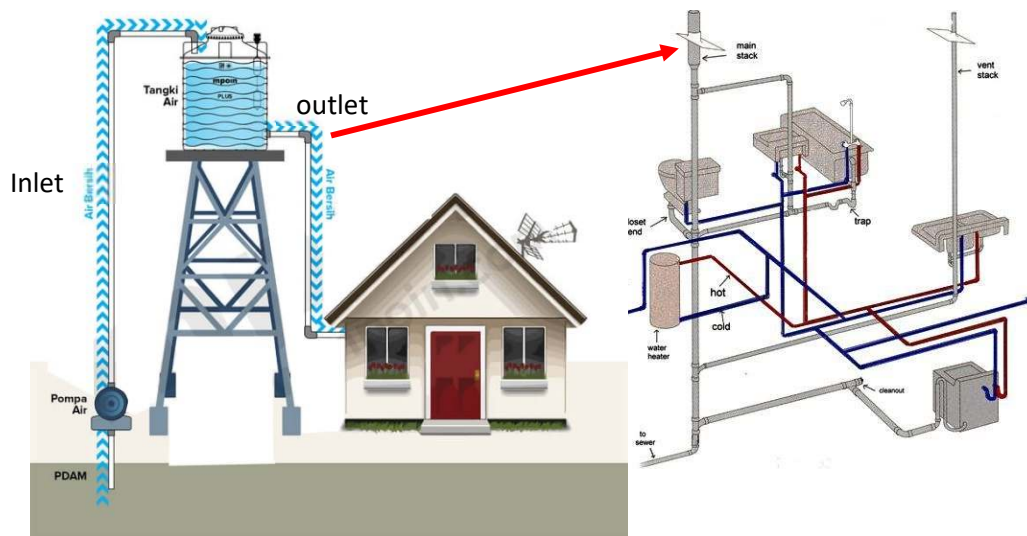
Gambar 15. Water Jet Cutter.

Sumber: <https://www.klhindustries.com>

Water Jet Cutter atau pemotong jet air merupakan alat pemotong serba guna yang memanfaatkan kecepatan air bertekanan tinggi sebagai medianya. Ujung pemotong atau nozzle berdiameter 0,1-0,4 mm, dan tekanan air sekitar 50.000 psi (1 atm = 14,7 psi) serta kecepatan air keluar dapat mencapai 900 m/s. Bersama dengan garnet, partikel mineral yang dicampur bersama air, water jet mampu memotong lempengan besi, baja, kaca dan sejenisnya tanpa meninggalkan residu dan jejak panas disekeliling potongan. Water jet sangat efektif untuk penghematan bahan yang dipotong, terutama saat memotong

bahan yang mahal seperti Titanium. Dengan lebar jalur potongan 0,5 mm, bahan yang hilang sangat kecil. Keuntungan lain dari water jet adalah lebih presisi dalam memotong, waktu pemotongan sangat cepat, dan ramah lingkungan. Selain itu lebih ekonomis karena air dan bahan abrasif mudah didaur ulang.

3) Instalasi Air di Perumahan

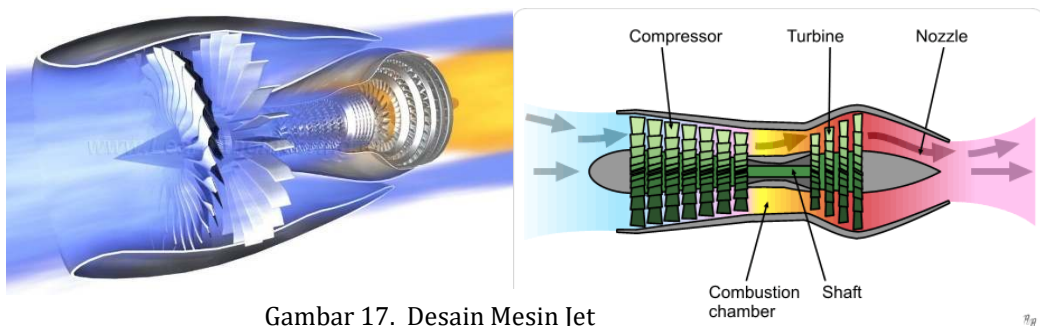


Gambar 16 : Instalasi air di rumah.

Sumber: <https://mpoin.com> dan <http://redlandplumbing.co.uk>

Pada instalasi air di perumahan terlihat bahwa pipa inlet selalu lebih kecil diameternya dibanding pipa outlet. Ini dimaksudkan dengan diameter pipa inlet yang kecil, laju air naik menuju tandon bisa lebih kencang dan bertekanan tinggi sehingga mampu menjangkau tandon yang posisinya tinggi. Sebaliknya pipa outlet dibuat lebih besar diameternya, dengan maksud dapat menampung debit air dengan jumlah besar saat hendak dialirkan menuju instalasi air di rumah. Pipa yang besar menampung massa air yang banyak sehingga berat air menjadi gaya tekan ke arah bawah mendorong air masuk ke instalasi. Barulah ketika masuk ke tiap ruangan, pipa akan bercabang dengan diameter yang semakin kecil untuk membagi debit air dan mempercepat laju air.

4) Desain Mesin Jet



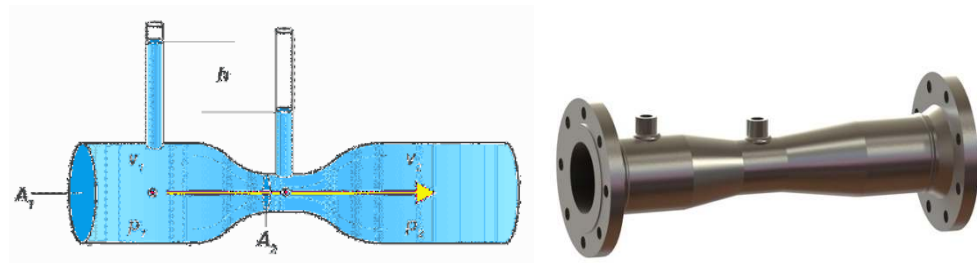
Gambar 17. Desain Mesin Jet
Sumber: <http://aeroengineering.co.id>

Mesin Jet dibagian depan didesain untuk dapat menyerap udara sebanyak banyaknya, sehingga diameter depan lebih besar dibandingkan belakangnya. Melalui kompresi dan pembakaran avtur di mesin udara yang disedot mengembang naik tekanannya dan dihembuskan ke bagian belakang mesin dengan diameter moncong yang jauh lebih kecil dari depannya. Akibatnya tekanan dan kelajuan udara yang disemburkan jauh lebih besar dari kecepatan udara yang tersedot masuk ke mesin jet. Semburan udara dari belakang mesin jet menciptakan dorongan bagi pesawat untuk melaju kencang ke depan.

2. Azas Bernoulli

Aplikasi Azas Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi antara lain sebagai berikut:

1) Venturimeter

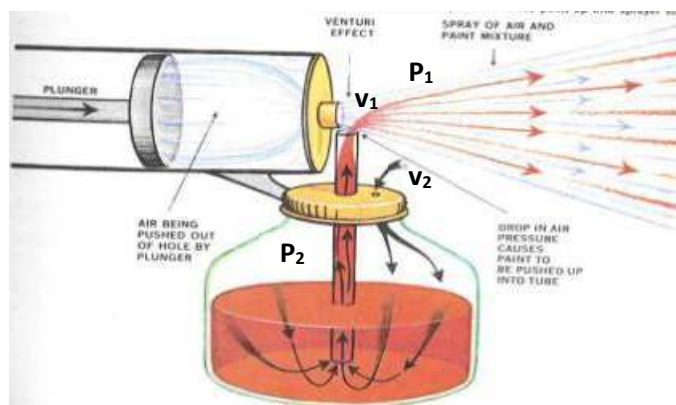


Gambar 18. Venturimeter.

Sumber: <https://byjus.com> dan <https://www.mechanicalbooster.com>

Venturi meter merupakan sebuah alat untuk mengukur laju fluida yang mengalir dalam sebuah pipa. Dengan membandingkan perbedaan ketinggian dari tiap diameter dapat diketahui laju aliran fluida. Venturimeter banyak digunakan di industri perusahaan cair minum (PDAM), pertambangan, bahkan di kedokteran untuk mengukur laju aliran darah di pembuluh arteri.

2) Semprotan Anti Nyamuk



Gambar 19 : Semprotan Obat Nyamuk.

Sumber: <https://motogokil.com>

Semprotan anti nyamuk memanfaatkan azas bernoulli sebagai dasar pembuatannya. Saat pompa udara ditekan udara berhembus kencang lewat di atas mulut pipa yang terhubung ke cairan anti nyamuk. Cepatnya laju udara diatas mulut pipa (v_1) menyebabkan tekanan udara disekeliling mulut pipa menurun (P_1), namun karena kecepatan udara di atas lubang penutup (v_2) lebih rendah dari v_1 , akibatnya tekanan udara di atas permukaan cairan anti nyamuk (P_2) lebih besar dari P_1 . Dampaknya tekanan udara di atas cairan memaksa cairan untuk masuk melalui pipa dari bagian bawah menuju ke atas ke tempat udara kencang berhembus.

3) Perahu Layar



Gambar 20. Perahu Layar
Sumber: <https://www.galena.co.id>

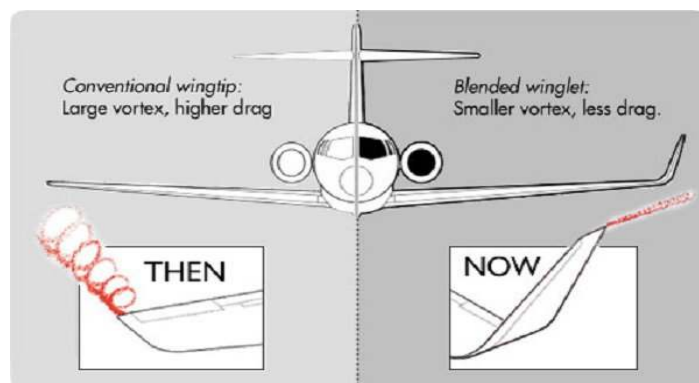
Perahu layar dalam bergerak tidak menggunakan mesin, namun murni karena memanfaatkan udara yang berhembus di laut. Desain dan pemosisian layar dibuat sama persis seperti prinsip sayap pesawat yang memanfaatkan perbedaan tekanan. Bagian layar yang mengembung membuat aliran udara yang lewat lebih kencang dari bagian yang cekung. Perbedaan ini membuat perbedaan tekanan yang menciptakan gaya dorong perahu maju ke depan. Kepiawaian pelaut dalam mengatur posisi layar sangat mempengaruhi untuk membuat perahu tetap maju bergerak darimanapun arah angin berhembus serta kapal tidak terbalik terkena hembusan angin.

4) Winglet Sayap Pesawat

Desain sayap winglet mengurangi turbulensi yang diakibatkan perbedaan tekanan udara di atas dan di bawah pesawat. Sayap winglet membuat daya angkat pesawat menjadi lebih baik dan menghemat konsumsi bahan bakar untuk membuat pesawat melaju dengan cepat.



Gambar 21 : Perbedaan tekanan udara di sayap, dan turbulensi udara oleh sayap yang tanpa winglet
Sumber: <https://www.dream.co.id>



Gambar 23 : Perbedaan turbulensi udara oleh sayap yang tanpa winglet dan dengan winglet
Sumber: <https://www.dream.co.id>



Gambar 22 : Jenis-jenis winglet di sayap pesawat
Sumber: <https://www.dream.co.id>

B. Medan Magnet dan Induksi Elektromagnet

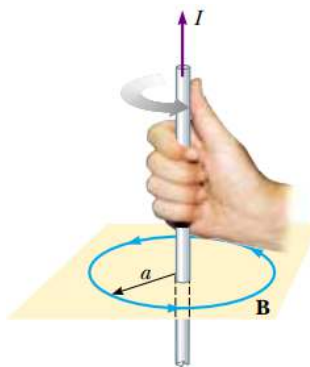
1. Medan Magnet

Medan magnet adalah daerah/ruangan yang dipengaruhi oleh gaya magnet. Adanya medan magnet di dalam suatu ruang/daerah dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang dapat ditimbulkan di ruang/daerah tersebut, di antaranya:

- Bila di dalam ruang tersebut ditempatkan benda magnet maka benda tersebut mengalami gaya.
- Bila di ruang tersebut terdapat partikel bermuatan, maka partikel muatan tersebut mengalami gaya.

Medan Magnet di Sekitar Penghantar Berarus

Mulanya gejala kelistrikan dan kemagnetan dianggap sebagai dua hal yang terpisah, hingga pada tahun 1819 Hans Christian Oersted menemukan bahwa magnet jarum kompas bila didekatkan ke kawat penghantar berarus listrik arahnya akan berubah. Hal tersebut menunjukkan bahwa disekitar kawat berarus terdapat medan magnet. Arah penyimpangan magnet jarum kompas bergantung kepada arah arus listriknya. Untuk memudahkan menentukan arah medan magnet dapat menggunakan kaidah tangan kanan, yaitu *arah ibu jari menunjukkan arah aliran arus listrik dan arah lipatan jari-jari yang lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnet* (lihat Gambar 4).

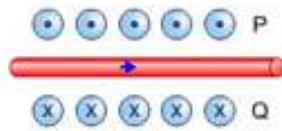


Gambar 24 Kaidah tangan kanan

Sumber: *Physics for Scientists and Engineers, Serway*

Contoh:

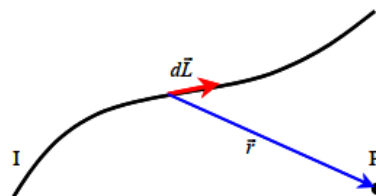
Arus listrik mengalir sepanjang kawat listrik dari kiri ke kanan, kemanakah arah medan di atas dan di bawah kawat?



Jawab: Arah medan magnet di atas kawat adalah tegak lurus keluar buku yang sedang Saudara baca (digambarkan dengan tanda titik) dan arah medan magnet di bawah kawat tegak lurus menembus buku yang sedang Saudara baca (digambarkan dengan tanda x).

Kekuatan dan arah medan magnet di sekitar arus listrik dinyatakan dengan besaran induksi magnet (B). Besarnya induksi magnet pada suatu titik di sekitar penghantar berarus pertama kali diukur oleh ilmuwan Perancis, **Jean Bastiste Biot** dan **Felix Savart**. Menurut Biot-Savart, induksi magnet (B) di suatu titik P yang berjarak r dari kawat penghantar dL yang berarus listrik I adalah sebagai berikut.

1. Berbanding lurus dengan kuat arus listrik (I).
2. Berbanding lurus dengan panjang kawat (dL).
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar (r).
4. Berbanding lurus dengan sinus sudut apit θ antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.



Gambar 25 Induksi magnet di sekitar penghantar berarus listrik

Secara matematik dinyatakan sebagai

$$d\vec{B} = k \frac{IdL \sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IdL \sin\theta}{r^2}$$

Persamaan in dikenal sebagai **Hukum Biot-Savart**.

dimana

dB = Induksi magnet di titik P (Wb/m² atau Tesla)

I = kuat arus listrik (A)

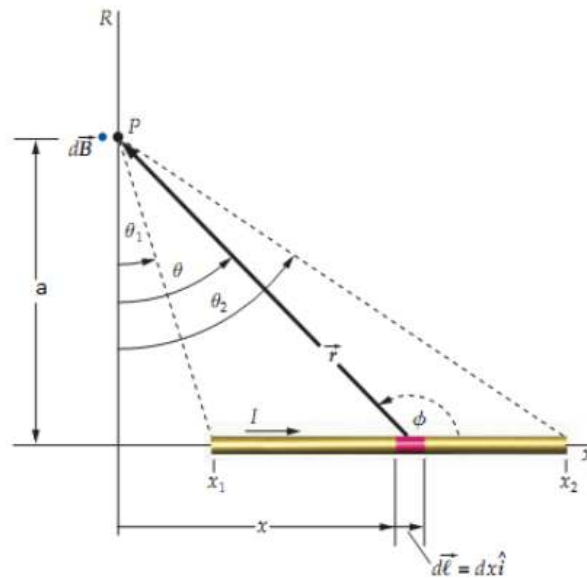
dl = panjang elemen kawat berarus (m)

θ = sudut antara arah I dengan garis hubung P ke dl

k = = bilangan konstanta = 10^{-7} Wb A⁻¹m⁻¹

r = jarak dari P ke dl (m)

Induksi Magnet di Sekitar Penghantar Lurus Panjang Berarus Listrik



Gambar 26 Induksi magnet disekitar penghantar lurus panjang berarus

Besarnya induksi magnet di suatu titik P yang terletak sejauh r dari kawat penghantar lurus dan panjang yang dialiri arus sebesar I dapat diturunkan dari hukum Biot-Savart. Dengan cara mengintegrasikan dimana bawah θ_1 dan batas atas θ_2 , maka akan diperoleh besar induksi magnet

$$B_P = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

dimana

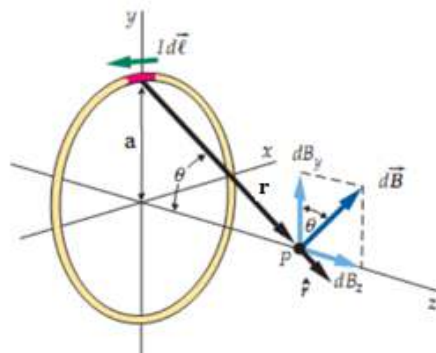
B_P = induksi magnet di titik P (Wb/m² atau Tesla)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa (4×10^{-7} Wb A⁻¹m⁻¹)

I = kuat arus yang mengalir dalam kawat (A)

a = jarak titik P ke kawat penghantar (m)

Induksi Magnet pada Sumbu Lingkaran Penghantar Berarus Listrik



Gambar 27 Induksi magnet pada sumbu lingkaran penghantar berarus

Besar induksi magnet pada sumbu lingkaran penghantar berarus listrik dengan jari-jari R dapat dicari dengan cara mengintegrasikan dari persamaan Hukum Biot-Savart. Misalkan kita akan mencari besar induksi magnet di titik P yang berjarak r dari elemen kawat dl seperti tampak pada Gambar 7, maka dengan mengintegrasikan persamaan

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IdL \sin\theta}{r^2}$$
 akan diperoleh

$$B = \frac{\mu_0 I \sin^3\theta}{2a}$$

Jika titik P berada di titik pusat lingkaran, maka $\theta = 90^\circ$ dan $r = a$, maka demikian induksi magnet di titik pusat lingkaran adalah:

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2a}$$

dimana

B = induksi magnet (Wbm^{-2} atau T)

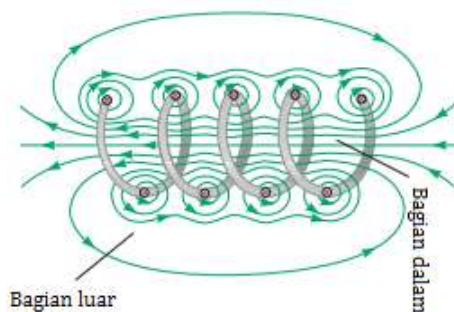
μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

a = jari-jari lingkaran (m)

N = jumlah lilitan kawat

Induksi Magnet di Pusat dan di Ujung Solenoida



Gambar 28 Solenoida

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Induksi magnet di pusat solenoid:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

Induksi magnet di ujung solenoida:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2L}$$

dimana

B = induksi magnet (Wbm^{-2} atau T)

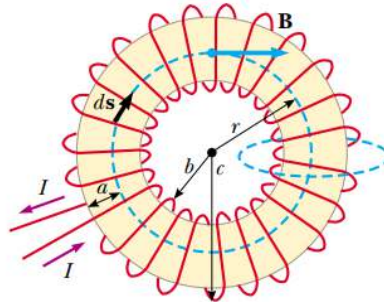
μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

N = jumlah lilitan kawat

L = panjang solenoida (m)

Induksi Magnet di Sumbu Toroida



Gambar 29 Toroida

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Induksi magnet di sumbu toroida adalah

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi a}$$

dimana

B = induksi magnet (Wb m^{-2} atau T)

μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

N = jumlah lilitan kawat

a = jari-jari toroida (m)

Gaya Magnet (Gaya Lorentz)

Gaya pada Partikel Bermuatan yang Bergerak dalam Medan Magnet

Di atas sudah dijelaskan bahwa adanya medan magnet di dalam suatu ruang dapat ditunjukkan dengan cara menempatkan suatu partikel bermuatan di dalam ruang itu. Jika partikel muatan tersebut mengalami gaya, maka ruang itu memiliki medan magnet. Berapakah besar gaya yang dialami oleh partikel bermuatan tersebut? Berdasarkan hasil eksperimen pada berbagai partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Besarnya gaya magnet yang diberikan pada partikel sebanding dengan muatan q dan kecepatan v partikel.

- Ketika partikel bermuatan bergerak sejajar dengan vektor medan magnet, gaya magnet yang bekerja pada partikel adalah nol.
- Ketika vektor kecepatan partikel membentuk sudut berapapun ($\theta \neq 0$) terhadap medan magnet, gaya magnet mengarah ke arah tegak lurus terhadap garis yang dibentuk oleh vektor kecepatan dan vektor medan magnet.
- Gaya magnet yang diberikan pada muatan positif berlawanan arah dengan arah gaya magnet yang diberikan pada muatan negatif yang bergerak dalam arah yang sama.
- Besarnya gaya magnet yang diberikan pada partikel bergerak sebanding dengan $\sin \theta$, di mana θ adalah sudut yang dibentuk oleh vektor kecepatan partikel dengan arah medan magnet.

Secara matematik dapat disimpulkan bahwa

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Jadi besar gaya magnet (gaya Lorentz) yang dialami sebuah muatan yang bergerak di dalam medan magnet adalah

$$F = qvB \sin\theta$$

dimana

F = gaya Lorentz (N)

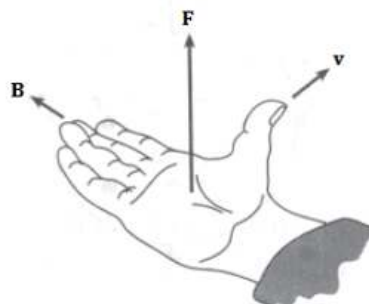
q = muatan partikel (C)

v = kecepatan partikel (m/s)

B = medan magnet (T)

θ = sudut antara kecepatan partikel v dan medan magnet B

Karena gaya Lorentz merupakan besaran vektor tentu memiliki arah. Kemanakah arah gaya Lorentz yang dialami oleh partikel bermuatan yang memasuki medan magnet? Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan kedua seperti tampak pada Gambar 10.



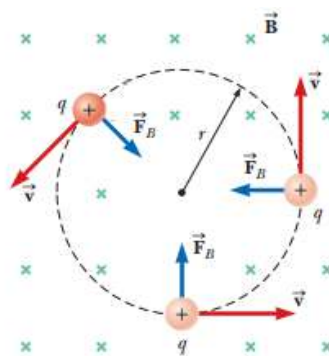
Gambar 30 Kaidah tangan kanan kedua
Sumber: Fisika untuk SMA dan MA Kelas XII, Suharyanto dkk.

Arah dari pergelangan tangan menuju jari-jari menyatakan arah medan magnet (B), arah ibu jari menyatakan arah gerak muatan (v), dan tegak lurus terhadap telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz (F). Hal yang perlu diperhatikan adalah, jika partikel bermuatan positif (misal proton), maka arah gaya Lorentz searah dengan gaya F yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua. Tetapi jika partikel bermuatan negatif (misal elektron), maka arah gaya Lorentz berlawanan arah dengan gaya F yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua atau dapat menggunakan kaidah tangan kiri. Gaya magnet pada partikel bermuatan mempunyai ciri, yaitu:

- Vektor gaya magnet tegak lurus terhadap medan magnet.
- Gaya magnet bekerja pada partikel bermuatan hanya ketika partikel bergerak.
- Gaya magnet yang terkait dengan medan magnet stabil tidak bekerja ketika partikel dipindahkan karena gaya tegak lurus terhadap perpindahan titik aplikasinya.

Bentuk lintasan partikel bermuatan dalam suatu medan magnet tergantung pada arah gerak partikel tersebut saat memasuki medan magnet.

- Jika partikel bermuatan bergerak sejajar terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa garis lurus. Hal ini terjadi karena partikel tidak mengalami gaya ($F = 0$) akibat $\theta = 0^\circ$ sehingga $\sin \theta = 0$.
- Jika partikel bermuatan bergerak tegak lurus terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa lingkaran karena gaya magnet yang timbul berlaku sebagai gaya sentripetal.



Gambar 31 Lintasan partikel berupa lingkaran
Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Jari-jari lintasannya diberikan oleh persamaan:

$$R = \frac{mv}{Bq}$$

dimana :

R = jari-jari lintasan muatan listrik (m)

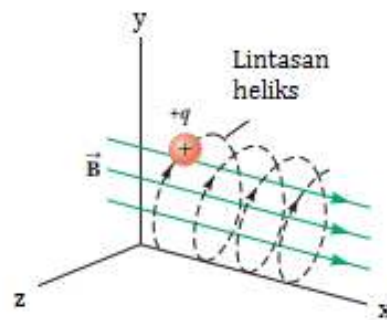
m = massa benda bermuatan listrik (kg)

v = kecepatan partikel bermuatan (m/s)

B = induksi magnet (T)

q = muatan listrik benda (C)

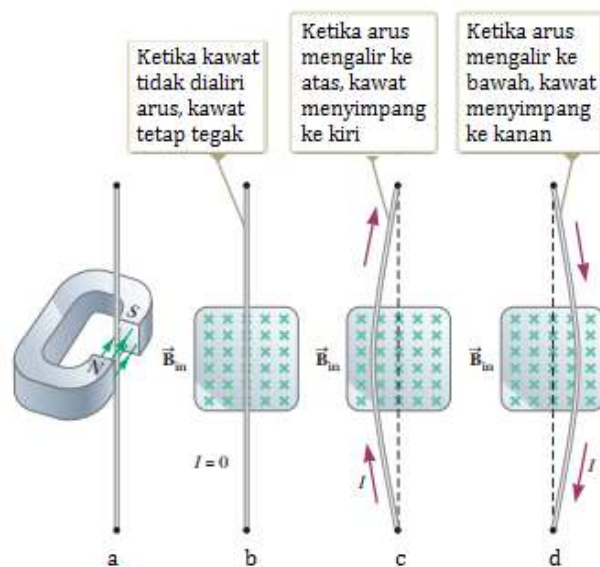
- Jika partikel bermuatan bergerak dengan membentuk sudut terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa heliks.



Gambar 32 Lintasan partikel berupa heliks
Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Gaya yang Dialami Penghantar Berarus dalam Medan Magnet

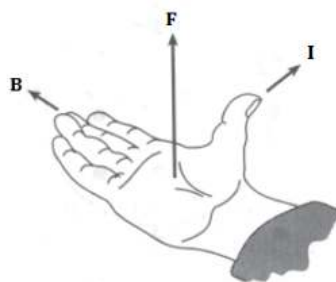
Jika gaya magnet bekerja pada satu partikel bermuatan yang bergerak melalui medan magnet, tentu tidak mengejutkan bahwa kawat penghantar berarus juga mengalami gaya ketika ditempatkan di dalam medan magnet. Arus adalah sekumpulan banyak partikel bermuatan yang bergerak, oleh karena itu, gaya yang dihasilkan oleh medan magnet pada kawat adalah jumlah vektor dari gaya individu yang diberikan pada semua muatan.



Gambar 33 Gaya Magnet pada Penghantar

(a) Kawat penghantar lurus tanpa arus terletak di dalam medan magnet ladam, (b) Kawat penghantar lurus terletak di dalam medan magnet ladam tampak depan, (c) Kawat penghantar menyimpang ke kiri ketika dialiri arus yang arahnya ke atas, (d) Kawat penghantar menyimpang ke kanan ketika dialiri arus yang arahnya ke bawah. (Sumber: *Physics for Scientists and Engineers, Serway*)

Arah gaya Lorentz dapat ditentukan menggunakan kaidah tangan kanan kedua (lihat Gambar 14) dengan mengganti arah v menjadi arah arus I . Arah dari pergelangan tangan menuju jari-jari menyatakan arah medan magnet (B), arah ibu jari menyatakan arah arus listrik (I), dan tegak lurus terhadap telapak tangan menunjukkan arah gaya (F).



Gambar 34 Kaidah tangan kanan

Sumber: Fisika untuk SMA dan MA Kelas XII, Suharyanto dkk.

Besarnya gaya Lorentz dinyatakan oleh persamaan

$$F = IlB \sin\theta$$

dimana

F = gaya Lorentz (N)

I = arus listrik (A)

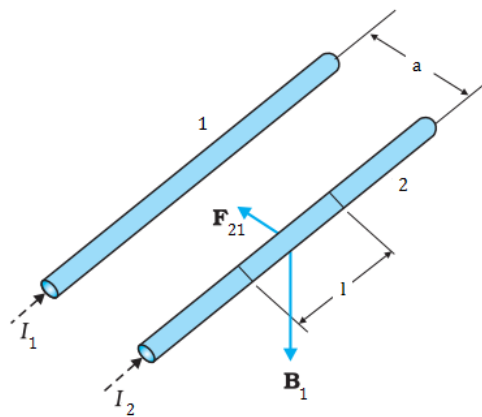
L = panjang kawat (m)

B = medan magnet (T)

θ = sudut antara arah arus I dan medan magnet B

Gaya Magnet diantara Dua Kawat Sejajar Berarus

Kita sudah tahu bahwa ketika kawat penghantar dialiri arus listrik, maka disekitarnya akan timbul medan magnet. Apa yang akan terjadi ketika dua utas kawat penghantar yang dialiri arus listrik diletakkan sejajar dan berdekatan? Gambar 15 menunjukkan dua penghantar lurus paralel panjang 1 dan 2 dipisahkan oleh jarak a dan membawa arus (paralel) masing-masing I_1 dan I_2 . Penghantar 1 menghasilkan, medan magnet B_1 yang sama di semua titik di sepanjang penghantar 2. Kaidah tangan kanan memberi tahu kita bahwa arah medan magnet ini adalah ke bawah (ketika penghantar ditempatkan secara horizontal).



Gambar 35 Dua Kawat Sejajar

(a) Dua kawat penghantar paralel lurus panjang membawa arus stabil I_1 dan I_2 dan dipisahkan oleh jarak a . B_1 adalah medan magnet oleh penghantar 1 di penghantar 2.

Penghantar 2 membawa arus I_2 akan mengalami gaya ke samping karena pengaruh medan B_1 . Arah gaya ini adalah ke arah penghantar 1 (coba buktikan), kita sebut gaya ini sebagai F_{21} . Sebaliknya, penghantar 1 akan mengalami gaya F_{12} karena pengaruh medan magnet dari penghantar 2. Apabila arah arus pada kedua kawat penghantar searah, maka akan terjadi gaya tarik-menarik dan sebaliknya jika arus pada kedua kawat penghantar berlawanan, maka akan tolak-menolak.

Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara dua kawat penghantar lurus panjang sejajar dan berarus diberikan oleh

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

dimana

F = gaya magnet pada kawat kedua kawat penghantar (N)

I_1 = arus listrik pada kawat penghantar 1 (A)

I_2 = arus listrik pada kawat penghantar 2 (A)

μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

a = jarak antar kedua kawat penghantar (m)

l = panjang kawat penghantar (m)

Motor Listrik

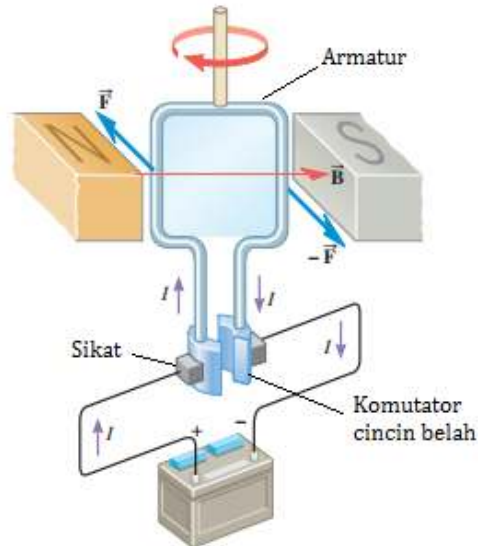
Pernahkah Saudara memperhatikan alat-alat elektronik yang ada di rumah? Mungkin Saudara memiliki dan sering menggunakannya, seperti pompa air, kipas angin, blender, pengering rambut, penyedot debu, mesin cuci, bor listrik, dan obeng listrik. Komponen apakah yang menjadi bagian terpenting sehingga alat-alat tersebut dapat berfungsi? Bagaimana cara kerjanya? Semua alat-alat elektronik tersebut memiliki prinsip kerja yang sama yaitu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik karena memiliki komponen utama yang sama, yaitu motor listrik. Bagaimanakah prinsip kerja motor listrik tersebut?

Sebelum kita membahas tentang prinsip kerja motor listrik, mari kita kenali terlebih dahulu jenis-jenis motor listrik. Pada dasarnya motor listrik dapat dibedakan berdasarkan jenis sumber tegangan yang digunakan. Berdasarkan jenis sumber tegangannya motor listrik dibedakan menjadi 2 jenis yaitu Motor listrik arus searah DC (*Direct Current*) dan Motor listrik bolak-balik AC (*Alternating Current*). Dari dua jenis motor listrik tersebut dikelompokkan lagi menjadi beberapa jenis motor listrik yang diklasifikasikan berdasarkan konstruksi, prinsip kerja, dan operasinya.

Pada Unit ini hanya akan dibahas jenis motor listrik DC. Pada prinsipnya sebuah motor listrik DC terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Bagian stator adalah bagian motor listrik yang tidak bergerak, yang umumnya terdiri atas magnet tetap. Sedangkan bagian rotor merupakan bagian motor listrik yang bergerak, yang umumnya terdiri atas kawat angker penghantar listrik yang dililitkan pada jangkar. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 16 skema motor listrik DC.

Rotor diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya, komponen ini lebih dikenal dengan sebutan cincin belah. Sedangkan stator motor tersusun atas dua magnet dengan kutub

berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan rotor.



Gambar 36 Skema Motor Listrik DC

Sumber: Physics. John D. Cutnell & Kenneth W. Johnson <http://www.justscience.in/category/articles>

Sekarang mari kita bahas bagaimana prinsip kerja motor listrik tersebut. Pada saat kumparan belum dihubungkan dengan sumber tegangan, kumparan akan tetap diam pada posisinya karena tidak ada arus yang mengalir di dalam kumparan tersebut. Ketika kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan, kumparan tersebut akan berputar. Mengapa berputar? Hal ini terjadi karena menurut Oersted, ketika kumparan dialiri arus maka akan timbul medan magnet disekitarnya. Sementara kumparan tersebut berada di dalam medan magnet lain yang berasal dari magnet permanen, maka terjadi interaksi antara medan magnet yang berasal dari kawat berarus dengan medan magnet dari magnet permanen, interaksi ini berupa gaya. Kemanakah arah gaya pada kawat penghantar tersebut? Untuk menjelaskan arah gaya pada kawat penghantar ingatlah prinsip kaidah tangan kanan (lihat Gambar 14).

Garis gaya magnet dari magnet permanen yang disimbolkan dengan anak panah warna merah dan huruf (B) mengarah dari kutub utara (N) ke kutub selatan (S) seperti tampak pada Gambar 16. Berdasarkan kaidah tangan kanan, maka kedua sisi kawat angker akan mendapatkan gaya (F) yang berlawanan arah. Gaya dorong yang tegak lurus langsung terhadap kawat angker kanan dan kiri ini menghasilkan torsi yang paling besar pada rotor motor. Gaya torsi inilah yang akan memutar rotor motor. Energi putar yang dihasilkan rotor ini disalurkan ke poros untuk memutar benda

lain seperti kipas angin, baling-baling pada pompa air, atau roda pada mobil mainan tamiya.

Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari

1. Empat Penyebab Starter Mobil Tidak Dapat Berfungsi

Dinamo starter, merupakan salah satu komponen mesin kendaraan yang berfungsi untuk menghidupkan mesin. Dinamo starter mengubah energi listrik menjadi energi gerak, yang kemudian dipakai untuk memutar poros mesin (*crankshaft*).



Gambar 37 Dinamo/Motor Starter Mobil

Sumber: <https://www.viva.co.id/otomotif/mobil/830267-empat-penyebab-starter-mobil-tak-mau-berfungsi>

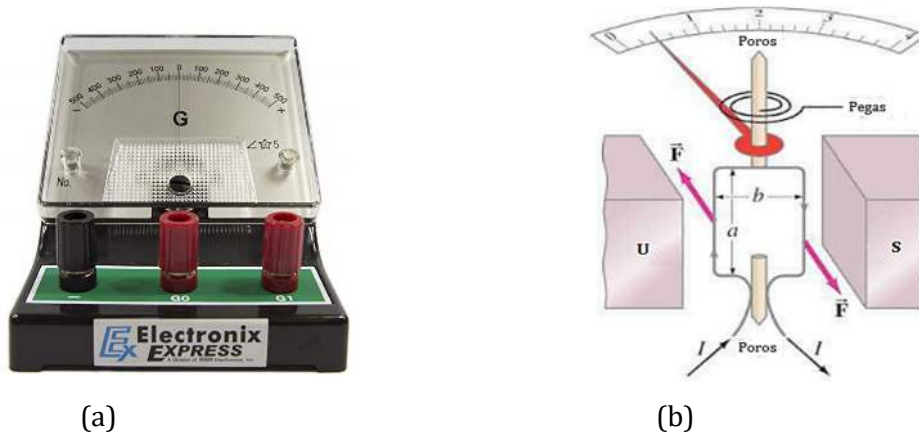
Seperti kebanyakan komponen mesin lainnya, dinamo starter juga bisa rusak. Akibatnya, pengguna kendaraan tidak bisa menghidupkan mesin. Jika hal ini terjadi pada sepeda motor, masih ada solusi menghidupkan mesin dengan menggunakan engkol. Namun, untuk mobil, khususnya yang memakai transmisi manual, satu-satunya cara menghidupkan mesin tanpa dinamo starter adalah dengan mendorongnya.

Ada empat penyebab yang dapat membuat dinamo starter tidak berfungsi dengan sempurna, yakni:

1. Pasokan listrik dari aki kurang. Jika aki lemah, dinamo starter tidak mau berputar. Dinamo membutuhkan arus listrik yang besar, sehingga aki harus benar-benar sehat.
2. Solenoid starter rusak. Solenoid memiliki dua fungsi, menghubungkan listrik dari aki ke starter dan sebagai penghubung antara starter dengan mesin.
3. *Carbon brush* habis. Komponen ini berfungsi sebagai titik penghubung antara listrik dari solenoid dengan kumparan starter.

4. Kumparan di dalam motor starter terbakar. Umumnya ini terjadi saat starter dipaksa bekerja keras, sehingga panas yang dihasilkan bisa membuat kumparan starter terbakar.

2. Galvanometer



Gambar 38 Galvanometer

Sumber: Giancoli. [1998]. Fisika.

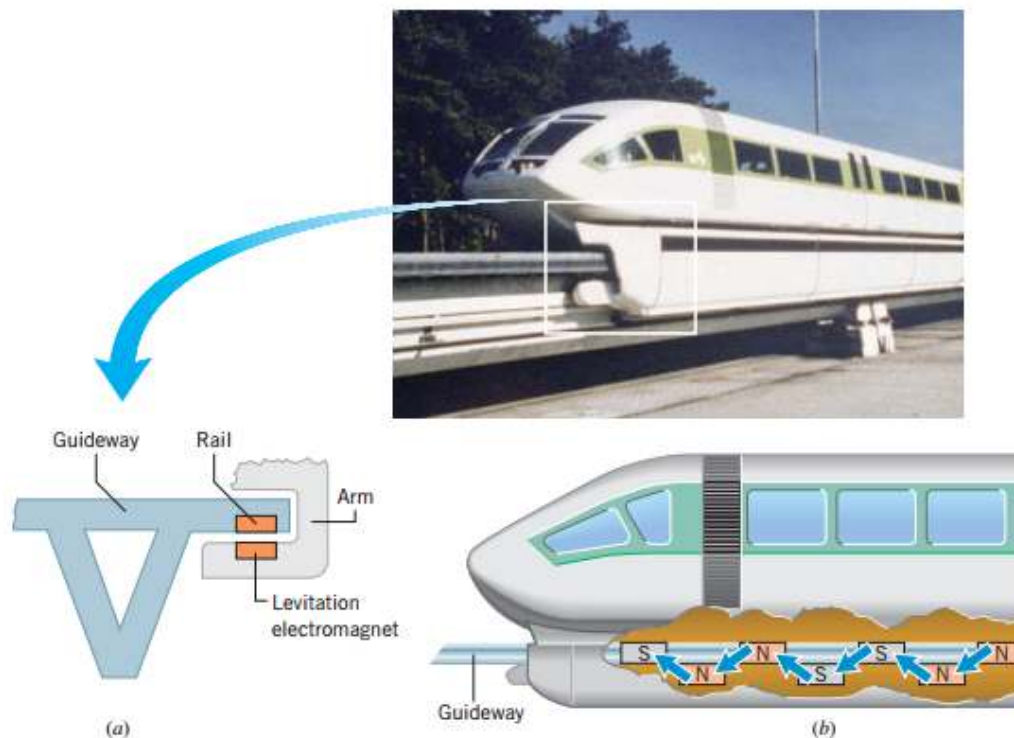
<https://physicsmax.com/moving-coil-galvanometer-7907>

Galvanometer adalah komponen utama dalam kebanyakan alat ukur listrik seperti amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2(b), galvanometer terdiri dari kumparan kawat yang dipasang sehingga bebas berputar pada poros yang berada di dalam medan magnet yang berasal dari magnet permanen. Jika arus mengalir melalui loop kawat, yang biasanya berbentuk persegi panjang, medan magnet memberikan torsi pada loop. Torsi yang dialami kumparan sebanding dengan arus yang melewatinya dan jumlah lilitan kawat loop, yaitu $\tau = NIAB \sin \theta$. Torsi ini akan dilawan oleh torsi yang dihasilkan oleh pegas. Sehingga kumparan dan jarum yang terpasang hanya akan berotasi sampai titik dimana torsi pegas mengimbangi torsi yang disebabkan oleh medan magnet. Penyimpangan jarum berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada kumparan. Tetapi penyimpangan ini juga bergantung pada sudut θ yang dibentuk oleh kumparan terhadap medan magnet B .

3. Maglev Train

Magnetically levitated train atau biasa disingkat dengan *maglev train* adalah jenis kereta api yang menggunakan kekuatan magnet untuk melayang di atas jalan penuntunnya. Karena kereta ini bergerak secara melayang beberapa sentimeter di atas jalan penuntunnya sehingga gaya gesek dapat dikurangi dan tidak membutuhkan roda. Kereta maglev juga memanfaatkan magnet sebagai pendorong. Besarnya gaya dorong dan kecilnya gaya gesek menyebabkan kereta ini mampu melaju dengan kecepatan sampai 600 km/jam, jauh lebih cepat dari kereta biasa. Perbedaan besar antara kereta maglev dan kereta konvensional adalah bahwa kereta maglev tidak memiliki mesin - setidaknya bukan jenis mesin yang digunakan untuk menarik kereta biasa di sepanjang rel baja. Mesin untuk kereta maglev agak tidak mencolok dan tidak menggunakan

bahan bakar fosil melainkan oleh medan magnet yang diciptakan oleh kumparan listrik di dinding jalur pemandu (*guideway*) dan trek bergabung untuk mendorong kereta.



Gambar 39 Maglev

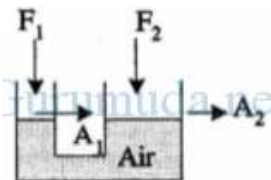
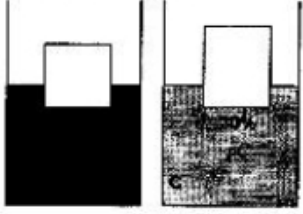
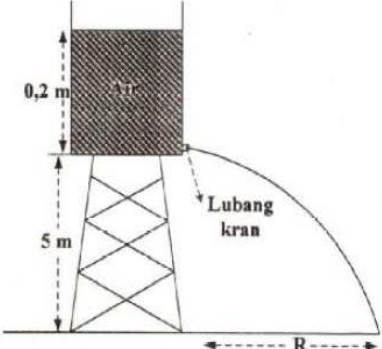
(a) *The Transrapid maglev* (b) Sistem tenaga penggerak magnet

Sumber: Physics. John D. Cutnell & Kenneth W. Johnson

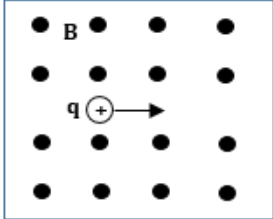
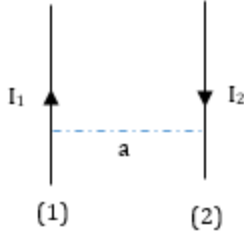
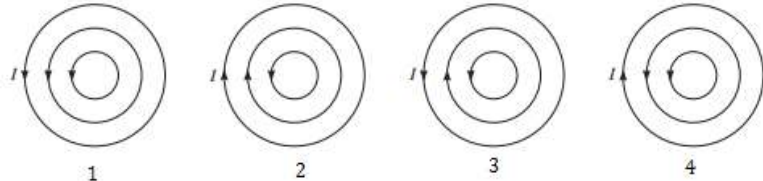
Prinsip kerja maglev menggunakan prinsip medan magnet. Ketika arus dikirim ke elektromagnet, medan magnet yang dihasilkan menciptakan magnet yang diinduksi dalam rel yang dipasang di jalur pemandu. Gaya tarik ke atas dari magnet yang diinduksi diimbangi oleh berat kereta, sehingga kereta bergerak tanpa menyentuh rel atau jalur pemandu.

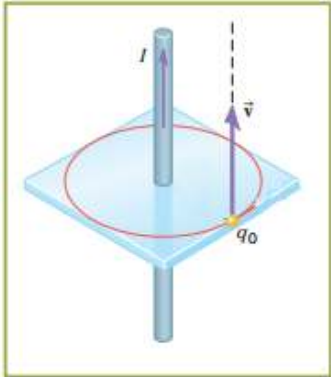
Levitasi magnet hanya mengangkat kereta dan tidak bergerak maju. Gambar 4b menggambarkan bagaimana tenaga penggerak magnet dicapai. Selain elektromagnet levitasi, elektromagnet penggerak juga ditempatkan di sepanjang jalur pemandu. Setiap elektromagnet di kereta ditarik dan didorong ke depan oleh elektromagnet di jalur pemandu. Dengan menyesuaikan waktu, kecepatan kereta bisa disesuaikan. Membalik kutub di elektromagnet jalur pemandu berfungsi untuk mengerem kereta.

C. Latihan

No.	Materi dan Soal
	Materi : Hukum Pascal
1	Luas penampang $A_1 = 10 \text{ cm}^2$, Luas penampang $A_2 = 100 \text{ cm}^2$. Gaya (F_1) yang harus diberikan untuk menahan $F_2 = 100 \text{ N}$ agar sistem seimbang adalah A. 1.000 N B. 100 N C. 10 N D. 1 N E. 0,1 N 
	Materi : Hukum Archimedes
2	Perhatikan Gambar!  Dua kubus yang identik dimasukkan dalam dua zat cair (B dan C) yang massa jenisnya berbeda. Bagian kubus yang masuk ke dalam cair B 50% dan zat cair C adalah. ... A. 3:5 B. 4:5 C. 5:4 D. 5:3 E. 5:2
3	Sebuah kapal evakuasi sedang berusaha mengangkat kotak peti kemas bermassa total 4.500 kg yang jatuh ke laut. Kotak tersebut berukuran panjang 2 meter, lebar 1,5 meter, dan tinggi 1 meter. Massa jenis air laut saat itu 1.025 kg.m^{-3} dan percepatan gravitasi 10 m.s^{-2}, maka besar gaya minimal yang dibutuhkan untuk mengangkat benda dari dasar laut ke permukaan adalah. ... A. 14.250 N B. 19.250 N C. 30.750 N D. 45.000 N E. 50.000 N
	Materi: Persamaan Kontinuitas dan Debit
4	Air dalam bak setinggi 0,2 m terletak 5 m di atas permukaan tanah. Di dasar bak terdapat lubang kran kecil sehingga air memancar keluar dan jatuh di permukaan tanah pada jarak R. Jika $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ nilai R adalah A. 2 meter B. 5 meter C. 7 meter D. 10 meter E. 15 meter 

5	Suatu pembangkit tenaga listrik tenaga air menggunakan turbin yang diputar oleh air dari bendungan yang jatuh dari ketinggian 90 m. Pembangkit listrik tersebut menghasilkan daya 9 Mwatt. Jika efesiensi pembangkit 50% maka debit air pada pembangkit tersebut adalah A. 5 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ B. 10 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ C. 20 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ D. 100 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ E. 1.000 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
Materi: Azas Bernoulli	
6	Sayap pesawat terbang dirancang agar memiliki gaya angkat ke atas maksimum, seperti gambar. Jika v adalah kecepatan aliran udara dan P adalah tekanan udara, maka sesuai dengan azas Bernoulli rancangan tersebut dibuat agar. . . A. $v_A > v_B$ sehingga $P_A > P_B$ B. $v_A > v_B$ sehingga $P_A < P_B$ C. $v_A < v_B$ sehingga $P_A < P_B$ D. $v_A < v_B$ sehingga $P_A > P_B$ E. $v_A > v_B$ sehingga $P_A = P_B$
7	Perhatikan gambar alat penyemprot nyamuk pada gambar di bawah ini! Ketika batang pengisap M ditekan, udara dipaksa keluar dari tabung pompa dengan kecepatan v melalui lubang pada ujungnya. P menyatakan tekanan dan v menyatakan kecepatan alir cairan obat nyamuk, maka pernyataan yang benar dari prinsip kerja penyemprot nyamuk tersebut adalah. . . A. $P_1 < P_2$, maka $v_1 < v_2$ B. $P_1 > P_2$, maka $v_1 < v_2$ C. $P_1 < P_2$, maka $v_1 > v_2$ D. $P_1 > P_2$, maka $v_1 > v_2$ E. $P_1 = P_2$, maka $v_1 = v_2$
8	Gambar berikut menunjukkan penampang sayap pesawat terbang. Pesawat terbang tersebut mempunyai luas penampang sayap 50 m^2. Kelajuan aliran udara di atas sayap 250 m.s^{-1}, kelajuan aliran udara di bawah sayap adalah 200 m.s^{-1}, dan kerapatan udara adalah $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$. Berapa besar gaya angkat pada sayap pesawat tersebut? A. 1.400.000 N B. 1.250.000 N C. 1.150.000 N D. 900.000 N E. 675.000 N

	Materi Medan Magnet
9	Sebuah muatan listrik positif q, bergerak dengan kecepatan v dalam sebuah medan magnet homogen seperti ditunjukkan pada gambar. Arah gaya magnet F yang dialami muatan listrik q adalah....  A. ke atas tegak lurus arah v B. ke bawah tegak lurus arah v C. ke luar bidang gambar D. ke dalam bidang gambar E. ke kanan searah v
10	Perhatikan gambar di bawah! Dua kawat lurus sejajar berarus listrik $i_1 = 2A$ dan $i_2 = 3A$ terpisah pada jarak a seperti pada gambar. Sebuah kawat penghantar yang lain (3) berarus listrik akan diletakkan di sekitar kedua kawa sehingga kawat tidak mengalami gaya magnet. Kawat (3) tersebut harus diletakkan pada jarak....  A. $0,5 a$ di kiri kawat (1) B. a di kiri kawat (1) C. $2 a$ di kiri kawat (1) D. a di kanan kawat (2) E. $2a$ di kanan kawat (2)
11	Masing-masing dari empat gambar menunjukkan tiga loop kawat konsentris yang sama. Arus dalam loop memiliki besar I yang sama dan memiliki arah yang ditunjukkan oleh gambar. Urutan besarnya medan magnet total yang dihasilkan di tengah masing-masing dari keempat gambar, dari yang terbesar ke terkecil adalah  A. 1, 2, 3, 4 B. 1, 2, 4, 3 C. 1, 3, 2, 4 D. 1, 4, 3, 2 E. 1, 4, 2, 3
12	Gambar di bawah menunjukkan kawat lurus sangat panjang yang membawa arus $3.0 A$. Sebuah partikel bermuatan $+6,5 \times 10^{-6} C$ dan bergerak paralel dengan kawat pada jarak $0,050 m$. Kecepatan partikel adalah $280 m/s$. Tentukan besar dan arah gaya magnet yang diberikan kawat terhadap partikel.

	A. $2,2 \times 10^8 \text{ N}$ ke kiri medekati kawat B. $2,2 \times 10^8 \text{ N}$ ke kanan menjauhi kawat C. $2,2 \times 10^8 \text{ N}$ ke depan menjauhi kawat D. $2,2 \times 10^8 \text{ N}$ ke belakang menjauhi kawat E. $2,2 \times 10^8 \text{ N}$ ke bawah berlawanan dengan v
---	--

D. Aktivitas

1. Aktivitas Materi Hukum Pokok Hidrostatika

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik Hukum Pokok Hidrostatika terbagi menjadi dua Kegiatan. Kegiatan pertama adalah mengidentifikasi dan menjelaskan sifat-sifat fluida statik. Pada kegiatan yang pertama peserta didik secara mandiri dan berkelompok dengan dibimbing guru mengeksplorasi simulasi PhET sampai pada tujuan akhir pembelajaran peserta didik mampu merumuskan hubungan antara variabel ρ , g , dan h terhadap tekanan hidrostatik. Peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang hukum pokok hidrostatika dan menuliskan persamaan matematika dari tekanan hidrostatik suatu fluida. Link simulasi PhET yang digunakan adalah: https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_en.html. Peserta didik mengeksplorasi aplikasi PhET melalui LKPD 1 yang difasilitasi oleh guru.

Lembar Kerja Peserta Didik 1

Lembar Kerja Peserta Didik
TEKANAN HIDROSTATIS A. TUJUAN SIMULASI Mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi tekanan hidrostatik suatu fluida.

2. Merumuskan hubungan antara variabel ρ , g , dan h terhadap tekanan hidrostatik suatu fluida.

3. Menuliskan persamaan matematika untuk tekanan hidrostatik suatu fluida.

B. LANGKAH KEGIATAN BELAJAR

1. Buka link berikut : https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_in.html
2. Eksplorasilah isi dari simulasi selama 10 menit bersama anggota kelompok anda untuk menyelidiki bagaimana nilai tekanan dapat berubah di udara dan di dalam fluida.
3. Jelaskan fungsi bagian-bagian yang ada pada simulasi, beserta cara penggunaannya!

NO	Nama Bagian	Fungsi dan Cara Penggunaan
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

4. Tuliskan minimal 4 variabel bebas di simulasi yang menurut prediksi anda dapat membuat nilai tekanan berubah! Jelaskan masing – masing variabel lengkap dengan satuannya!

NO	Nama Variabel	Penjelasan tiap variabel
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

5. Melalui simulasi, Uji prediksi anda dengan cara: Isilah kolam sampai terisi penuh oleh fluida. Aktifkan fungsi “Grid”, Geser posisi Fluid Density ke gasoline, Geser Posisi Gravity ke Mars, dan Pilih Units dalam metric. Tempatkan manometer pada dasar kolam, catat nilai tekanannya!
 Nilai Tekanan awal manometer:.....kPa
 Setting beberapa variabel sesuai tabel, dan isi nilai tekanan yang terbaca pada manometer!

Nama Variabel	Posisi / keadaan Variabel	Nilai Tekanan yang terbaca (P_h)
---------------	---------------------------	--------------------------------------

Bentuk Kolam	Bentuk 1	
	Bentuk 2	
Massa Jenis Fluida	Bensin	
	Air	
	Madu	
Gravitasi	Gravitasi Mars	
	Gravitasi Bumi	
	Gravitasi Jupiter	
Jarak manometer dari permukaan fluida.	3 meter	
	2 meter	
	1 meter	

6. Berdasarkan analisis data dari hasil langkah kegiatan belajar Nomor 5, tuliskan hubungan antara masing-masing variabel terhadap Tekanan Fluida (Tekanan Hidrostatik)!

Nama Variabel	Hubungan terhadap Tekanan Fluida
Bentuk Kolam	
Massa Jenis Fluida	
Gravitasi	
Jarak manometer dari permukaan fluida.	

7. Tuliskan persamaan matematika yang merepresentasikan hubungan semua variabel terhadap tekanan hidrostatik!

.....

.....

.....

Kegiatan kedua mengacu pada target kompetensi menerapkan Hukum Pokok Hidrostatika dalam permasalahan kehidupan sehari-hari, merancang percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik, dan melakukan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik. Kegiatan kedua menggunakan Model Pembelajaran Discovery Learning, Peserta didik diharapkan dapat mereplikasi rancangan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik serta dapat melengkapi alat bahan yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan tersebut. Alur Pembelajaran disajikan melalui sintaks model pembelajaran pada tabel..... Peserta didik melaksanakan praktikum melalui LKPD 2.

Tabel Alur Model Pembelajaran Discovery Learning Hukum Pokok Hidrostatika

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Stimulation	Peserta didik mengamati demonstrasi yang dilakukan oleh guru di depan kelas. Guru menyiapkan dua buah cairan (fluida), satu gelas berisi madu yang kental dan satu gelas air putih bening. Guru mempersilahkan siswa mengamati secara langsung kedua cairan dengan menggunakan seluruh panca inderanya selama 2 menit. Peserta didik mengidentifikasi kedua cairan tersebut. Peserta didik merespon pertanyaan guru. Pertanyaan guru: Apa yang dapat kalian amati dari kedua cairan? Adakah perbedaan dari kedua cairan? Coba jelaskan! (giring siswa dengan teknik bertanya untuk menjawab “madu kental, air encer”) Apa yang terjadi bila madu di tuangkan ke gelas yang berisi air putih ini? Berikan hipotesis kalian! (Giring siswa untuk memberikan pernyataan, madu akan tenggelam, melayang, atau mengapung) Peserta didik mengamati madu yang dituangkan oleh guru ke gelas berisi air putih bening. (Usahakan cairan madu tenggelam di dasar gelas). Peserta didik memberikan tanggapannya. Guru bertanya kembali “Mengapa cairan madu tenggelam di dasar gelas?” apa penyebabnya? (Giring siswa dengan teknik bertanya untuk menjawab penyebabnya adalah massa jenis madu lebih besar dari air)	5'
2	Problem Statement	Guru bertanya “Adakah hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenis? Bagaimanakah korelasinya?”	5'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		Silahkan kalian buktikan dengan melaksanakan percobaan.	
3	Data Colection	Siswa melaksanakan percobaan untuk membuktikan hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya. Disediakan: 1. Berbagai jenis fluida dengan tingkat kekentalan yang berbeda-beda serta air suling sebagai pembanding massa jenis). 2. Pipa U untuk mencari selisih ketinggian antar fluida sehingga dapat ditentukan nilai massa jenis fluida tersebut. 3. Gelas ukur untuk mencampur fluida dengan air putih. 4. Lembar kerja peserta didik (LKPD 2)	65'
4	Data Processing	Peserta didik menganalisa data hasil percobaan. (Membandingkan tingkat kekentalan dengan fakta ketika dicampur di air, mencari korelasi antara tingkat kekentalan dengan nilai massa jenisnya). Guru menanyakan hasil percobaan ke peserta didik terkait pertanyaan di awal pembelajaran.	
5	Verification	Antar kelompok peserta didik saling mencrosceck hasil percobaannya dan menyakinkan diri dengan mengukur massa jenis fluida uji dengan hidrometer.	10'
6	Generalization	Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan. Guru dan peserta didik menyimpulkan hasil percobaan	5'

Lembar Kerja Peserta Didik 2

Lembar Kerja Peserta Didik

HUKUM POKOK HIDROSTATIKA

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan nilai massa jenis fluida
2. Meneliti hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya

B. ALAT DAN BAHAN

- | | |
|---|------------------|
| 1. Pipa U dengan latar dinding berskala | 3 buah/kelompok |
| 2. Air suling dengan ρ sudah ditentukan | 1 liter/kelompok |
| 3. Oli dengan berbagai tingkat kekentalan (SAE) | secukupnya |
| 4. Gelas ukur 100 mL | 1 buah/kelompok |
| 5. Hidrometer | 1 buah |

C. LANGKAH KERJA

1. Siapkan pipa U dan isi dengan air suling kurang lebih $\frac{1}{4}$ bagian dari pipa
2. Tuangkan oli dengan tingkat kekentalan terendah ke salah satu ujung pipa U.
3. Amati, ukur, dan catat perbedaan ketinggian kedua fluida dari batas percampuran 2 fluida pada tabel data hasil pengamatan.
4. Ulangi langkah 1 s.d 3 untuk beberapa fluida yang lain dengan menggunakan tabung U yang lain. (bila tabung U jumlahnya terbatas, keluarkan oli dari tabung sampai bersih dan ganti dengan oli yang lain)
5. Jawab pertanyaan pasca praktikum Nomor 1 dan 2!
6. Verifikasi jawaban kelompok anda dengan kelompok yang lain.
7. Tuangkan oli pada gelas ukur dan uji hasil jawaban kelompok anda dengan mengukur massa jenis masing-masing oli dengan menggunakan hidrometer.
8. Jawab Pertanyaan pasca praktikum Nomor 3!

D. DATA HASIL PENGAMATAN

Diketahui massa jenis air = 1 gram.cm^{-3}

Nama Fluida	Tinggi air [cm]	Tinggi Oli [cm]	Massa Jenis Oli
Oli SAE....			
Oli SAE....			
Oli SAE....			

E. PERTANYAAN PASCA PRAKTIKUM

1. Berdasarkan data hasil percobaan, hitung massa jenis masing-masing oli dengan menggunakan hukum pokok hidrostatis.
2. Bagaimanakah hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya?
3. Kesimpulan apakah yang kelompok anda dapatkan dari percobaan ini?

2. Aktivitas Materi Debit dan Persamaan Kontinuitas

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik ini adalah mengacu pada target kompetensi menerapkan persamaan kontinuitas dalam permasalahan kehidupan sehari-hari. Kegiatan 3, melalui Model Pembelajaran Discovery Learning Peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang Debit dan persamaan kontinuitas pada fluida dinamik. Alur Pembelajaran disajikan melalui sintaks model pada tabel di bawah ini.

Tabel Alur Model Pembelajaran Discovery Learning Debit dan Persamaan Kontinuitas

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Stimulation	Peserta didik mengamati guru yang menyajikan dua buah gelas berisi minuman dan pada tiap gelas terdapat jenis sedotan yang berbeda. Sedotan pertama berdiameter besar dan sedotan kedua berdiameter kecil. Peserta didik mengidentifikasi alat peraga yang ditampilkan. Guru bertanya “apa yang dapat kamu rasakan saat menyedot minuman dengan masing-masing sedotan?”	5'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		Peserta didik merespon pertanyaan guru. Guru menguji dan memastikan jawaban peserta didik. 'Betul begitu? Apa alasannya, coba jelaskan lebih spesifik?' (waktu tunggu 5 menit, Peserta didik menjelaskan) Nah sekarang kita buktikan pernyataan kalian, minta satu orang yang kalian percayai untuk melakukan pembuktian dengan 2 sedotan di depan! Guru bertanya kembali setelah volunter selesai melakukan demonstrasi. "Apa yang kamu rasakan saat menyedot minuman dengan menggunakan 2 jenis sedotan tersebut?" Volunter memberikan jawaban atas pertanyaan guru. Guru melalui teknik bertanya mengarahkan peserta untuk bisa menyampaikan/mengungkapkan tentang konsep kecepatan fluida dan tekanannya. Selanjutnya guru menunjukkan pada peserta didik 2 buah jenis selang air. Pertama berdiameter kecil (kurang dari 1 cm), selang kedua lebih dari 1 cm. Guru memberikan tantangan kepada peserta didik "Pindahkan air dari gelas melalui mulut kemudian dorong melalui pipa ke botol yang posisinya 3 meter dari posisi mulut kalian!"	
2	Problem Statement	Guru bertanya "Adakah hubungan antara diameter selang dengan kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi? Jelaskan mengapa demikian? Dan buktikan penjelasan kalian dengan aplikasi di dunia nyata! Silahkan kalian buktikan dengan melaksanakan percobaan. Pertanyaan berikutnya silahkan kalian baca di LKPD!	5'
3	Data Colection	Peserta didik mengumpulkan informasi dengan melaksanakan percobaan untuk mengetahui hubungan antara diameter selang terhadap kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi, dan percobaan yang dipandu dari LKPD 1 (Hubungan antara kecepatan fluida terhadap diameter lubang kebocoran).	55'
4	Data Processing	Peserta didik menganalisa data hasil percobaan. Memilih dan mengklasifikasi data untuk mencari hubungan antara diameter selang dengan kemudahan	10'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		mendorong air ke posisi yang lebih tinggi. Memilih dan mengklasifikasi data untuk mencari hubungan antara kecepatan alir fluida dengan diameter lubang kebocoran. Guru menanyakan hasil percobaan ke peserta didik terkait pertanyaan di awal pembelajaran.	
5	Verification	Antar kelompok peserta didik saling mencroscek hasil percobaannya dan menyakinkan diri dengan menelaah referensi terkait percobaan yang telah dilaksanakan.	10'
6	Generalizati on	Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan. Guru dan peserta didik menyimpulkan hasil percobaan	5'

Ketika peserta didik sudah mendapatkan kesimpulan dari percobaan yang mereka lakukan diharapkan peserta didik sudah paham akan konsep persamaan kontinuitas dan debit. Mampu menjelaskan manfaat dan menerapkan persamaan kontinuitas dan debit dalam teknologi di kehidupan sehari-hari, serta dapat menganalisis cara kerja alat yang menerapkan persamaan kontinuitas. Kegiatan 3 dilaksanakan dengan menggunakan LKPD 3.

Lembar Kerja Peserta Didik 3

Lembar Kerja Peserta Didik
DEBIT DAN PERSAMAAN KONTINUITAS A. TUJUAN PERCOBAAN 1. Meneliti hubungan antara diameter selang terhadap kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi 2. Meneliti hubungan antara diameter lubang kebocoran terhadap kecepatan fluida. 3. Menjelaskan manfaat persamaan kontinuitas dalam kehidupan sehari-hari.

4. Mampu menerapkan persamaan kontinuitas dan debit dalam teknologi di kehidupan sehari-hari

B. ALAT DAN BAHAN

1. Selang plastik diameter < 5 mm, panjang 3 m. 1 buah/kelompok
2. Selang plastik diameter > 10 mm, panjang 3 m. 1 buah/kelompok
3. Botol air mineral bekas 1500 ml 1 buah/kelompok
4. Cutter 1 buah/kelompok
5. Penggaris plastik/jangka sorong 1 buah/kelompok
6. Meteran plastik 1 buah/kelompok
7. Selotip plastik 1 buah/kelompok
8. Air putih dalam gelas 1 buah/kelompok
9. Stopwatch 1 buah/kelompok

C. LANGKAH KERJA

1. Siapkan gelas berisi air, selang 2 jenis, dan botol air mineral bekas.
2. Bawa botol mineral ke posisi yang lebih tinggi kurang lebih 2 m atau sepanjang selang masih bisa menjangkau. Ketinggian botol harus sama untuk tiap selang.
3. Minta teman anda yang diposisi bawah untuk memindahkan air yang di gelas meniupnya dengan mulut melalui selang menuju ke botol mineral sampai air habis. Usahakan volume air yang dipindahkan untuk tiap selang adalah sama. Catat waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan air.
4. Ulangi langkah kerja nomor 3 untuk jenis selang yang berbeda.
5. Lubangi sekeliling bagian samping bawah botol mineral dengan diameter lubang yang berbeda – beda. Buat 3 lubang.
6. Tutup semua lubang dengan selotip plastik, pastikan tidak ada air yang bocor saat botol diisi air.
7. Tempatkan botol di atas meja, siapkan air 1500 ml, stopwatch, dan meteran plastik.
8. Isi botol sampai penuh, biarkan tutup botol posisi terbuka. Buka salah satu lubang, catat waktu yang dibutuhkan botol menjadi kosong.
9. Ukur jarak maksimal mendatar yang dapat dicapai oleh air.
10. Ulangi langkah nomor 8 s.d 9 untuk diameter lubang yang berbeda.

D. DATA HASIL PENGAMATAN

Tabel 1. Percobaan Pertama

No	Diameter Selang [mm]	Tinggi Posisi Botol [m]	Waktu botol terisi air [s]
1			
2			

Tabel 2. Percobaan Kedua

No	Diameter Lubang [mm]	Jarak mendatar maksimal [m]	Waktu botol kosong [s]
1			
2			
3			

E. PERTANYAAN PASCA PRAKTIKUM

1. Berdasarkan data hasil percobaan, selang manakah yang lebih mudah digunakan untuk memindahkan air ke botol? Apa yang menjadi kriteria anda? Berikan penjelasan secara ilmiah kenapa anda memilih selang tersebut?
2. Bagaimanakah hubungan antara diameter selang terhadap kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi! Kenapa demikian? Tuliskan hubungannya dalam persamaan matematika!
3. Berdasarkan data percobaan kedua, diameter lubang manakah yang mampu mencapai jarak mendatar terjauh? Mengapa demikian?
4. Berdasarkan data percobaan kedua, diameter lubang manakah yang paling cepat memindahkan air keluar botol? Mengapa demikian?
5. Bagaimanakah hubungan antara diameter lubang kebocoran terhadap kecepatan fluida! Kenapa demikian? Tuliskan hubungannya dalam persamaan matematika!
6. Tuliskan dalam kehidupan sehari-hari teknologi yang memanfaatkan prinsip/persamaan yang anda temukan dari percobaan tersebut! Berikan analisa anda mengenai cara kerja alat tersebut!
7. Manfaat apa yang didapatkan dari teknologi tersebut?
8. Kesimpulan apakah yang kelompok anda dapatkan dari percobaan ini?

3. Aktivitas Materi Azas Bernoulli

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik ini adalah mengacu pada target kompetensi menerapkan Azas Bernoulli dalam permasalahan kehidupan sehari-hari, merancang proyek sederhana yang menerapkan azas Bernoulli, membuat proyek dari hasil rancangan, dan menguji alat hasil proyek dan mempresentasikannya. Melalui pendekatan inquiry peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang penerapan azas Bernoulli. Indikator yang harus dicapai peserta didik adalah mampu menjelaskan manfaat dan penerapan azas Bernoulli dalam teknologi di kehidupan sehari-hari, serta dapat menganalisis cara kerja alat yang menerapkan azas Bernoulli.

Aktivitas pembelajaran di topik ini menggunakan model Project Base Learning dengan alokasi waktu 1 minggu (2 kali pertemuan). Pertemuan pertama sampai sintaks menyusun jadwal. Jeda antara pertemuan pertama dan kedua Guru memonitor kemajuan proyek. Pertemuan kedua setelah seminggu dimulai dari menguji hasil sampai mengevaluasi pengalaman. LKPD 4 digunakan pada saat pertemuan pertama dan kedua.

Tabel..... Alur Model Pembelajaran Project Base Learning Azas Bernoulli

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Penentuan Pertanyaan Mendasar	Peserta didik mengamati guru yang menayangkan film penggunaan venturi meter di perusahaan air minum. Guru bertanya “apa yang dapat kalian amati dari tayangan tadi?” Peserta didik merespon pertanyaan guru. Guru bertanya, “Dapatkah kalian membuat alat seperti itu?” Alat dan bahan apa saja yang dapat digunakan? Siswa merespon pertanyaan guru.	10'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		Guru menjawab: “Sebagai tantangan saya tugaskan kalian untuk membuat alat yang fungsi kerjanya sama dengan saya tayangkan!. Silahkan kalian membentuk kelompok paling banyak 5 orang!	
2	Mendesain Perencanaan Proyek	Guru menugaskan peserta didik untuk mendesain perencanaan proyek. Perencanaan berisi aturan main, dan pemilihan aktivitas yang dapat mendukung penyelesaian proyek. Peserta didik secara kolaboratif bersama kelompoknya merancang desain proyek alat yang akan dibuat dimana prinsip kerjanya berdasarkan Azas Bernoulli. Peserta didik mengisi LKPD 4 dari perencanaan alat bahan yang dibutuhkan sampai langkah kerja pembuatan alat. Tiap-tiap kelompok secara bergantian mempresentasikan rancangan desain alatnya di depan kelas dan ditanggapi oleh kelompok yang lain.	60'
3	Menyusun Jadwal	Guru dan Peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Aktivitas pada tahap ini antara lain: (1) membuat timeline untuk menyelesaikan proyek, (2) membuat deadline penyelesaian proyek, (3) membawa peserta didik agar merencanakan cara yang baru, (4) membimbing peserta didik ketika mereka membuat cara yang tidak berhubungan dengan proyek, dan (5) meminta peserta didik untuk membuat penjelasan (alasan) tentang pemilihan suatu cara.	20'
4	Memonitor Peserta didik dan	Guru menugaskan kepada peserta didik untuk melaporkan kemajuan proyeknya melalui grup	6 hari

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
	Kemajuan Proyek	medsos yang telah disepakati. Guru menyiapkan rubrik penilaian kemajuan proyek	
5	Menguji Hasil	Setelah seminggu, Peserta didik secara berkelompok tampil untuk menguji hasil dari alat yang telah dibuat. Peserta didik mengisi LKPD 4 pada bagian data hasil uji coba dan perbaikan desain. Guru menilai ketercapaian standar proyek dari peserta didik berdasarkan kriteria penilaian dan memberikan umpan balik.	60
6	Mengevaluasi Pengalaman	Guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek. Guru dan peserta didik mengembangkan diskusi dalam rangka memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran, sehingga pada akhirnya ditemukan suatu temuan baru (<i>new inquiry</i>) untuk menjawab permasalahan yang diajukan pada tahap pertama pembelajaran.	30'

Lembar Kerja Peserta Didik 4

Lembar Kerja Peserta Didik
Proyek Azas Bernoulli A. TUJUAN PROYEK 1. Merancang proyek sederhana yang menerapkan azas Bernoulli. 2. Membuat proyek dari hasil rancangan. 3. Menguji alat hasil proyek dan mempresentasikannya.

B. ALAT DAN BAHAN

.....

.....

.....

.....

.....

C. RANCANGAN DESAIN ALAT

.....

.....

.....

.....

.....

D. LANGKAH KERJA PEMBUATAN ALAT

.....

.....

.....

.....

.....

E. DATA HASIL UJI COBA

.....

.....

.....

.....

.....

F. PERBAIKAN DESAIN

.....

.....

.....

.....

.....

4. Aktivitas Medan Magnet di Sekitar Kawat Penghantar Lurus yang Berarus

Medan magnet adalah ruangan yang dipengaruhi oleh gaya magnet. Adanya medan magnet di dalam suatu ruangan dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang dialami oleh benda magnet yang berada di ruangan tersebut. Medan magnet biasanya ditimbulkan oleh sebuah magnet permanen. Apakah medan magnet bisa ditimbulkan oleh benda lain selain magnet permanen? Untuk menjawab pertanyaan tersebut lakukanlah aktivitas pembelajaran berikut ini.

Medan Magnet di Sekitar Kawat Penghantar Lurus yang Berarus

A. Tujuan Aktivitas Pembelajaran

Setelah melakukan percobaan, diharapkan peserta mampu:

1. Menjelaskan medan magnet disekitar kawat penghantar berarus listrik.
2. Mengidentifikasi besar induksi magnet dan menentukan arah medan magnet di sekitar kawat penghantar lurus yang berarus listrik.

B. Media, Alat, dan Bahan

1. Kawat tembaga/nikelin (± 50 cm)
2. Statif (2 buah)
3. Jarum kompas (4 buah)
4. Power supply (1 buah)
5. Ampermeter (1 buah)
6. Rheostat/potensiometer (1 buah)
7. Saklar (1 buah)

C. Apa yang Saudara lakukan

1. Menunjukkan magnet batang dan jarum kompas, kemudian bertanya "Bagaimana caranya untuk membuktikan bahwa batang besi ini sebuah magnet?"
2. Mengajukan pertanyaan: "Apakah jarum kompas akan menyimpang jika didekatkan dengan seutas kawat penghantar?"
3. Menunjukkan seutas kawat dan baterai, "Apa yang akan terjadi jika kawat didekatkan ke jarum kompas? Apa yang akan terjadi jika kawat dihubungkan ke baterai kemudian didekatkan kembali ke jarum kompas?"

4. Memfasilitasi peserta didik membuat hipotesa tentang pengaruh kawat berarus terhadap jarum kompas dan kemana arah simpangan jarum kompas.
5. Membimbing peserta didik melakukan praktikum “Induksi Magnet” secara berkelompok untuk membuktikan hipotesanya.
6. Membimbing peserta didik dalam mengumpulkan data pengamatan hasil percobaan pada kolom yang tersedia pada LKPD 5.
7. Membimbing peserta didik dalam mengolah data pengamatan hasil percobaan untuk menjawab beberapa pertanyaan di LKPD.
8. Membimbing peserta didik mendiskusikan hasil pengamatan dengan memperhatikan pertanyaan-pertanyaan pada lembar kegiatan dan membandingkan pengolahan dengan data-data pada buku sumber.
9. Membimbing peserta didik dalam menyimpulkan hasil percobaan tentang besar induksi magnet dan arah medan magnet di sekitar kawat penghantar lurus yang berarus listrik.

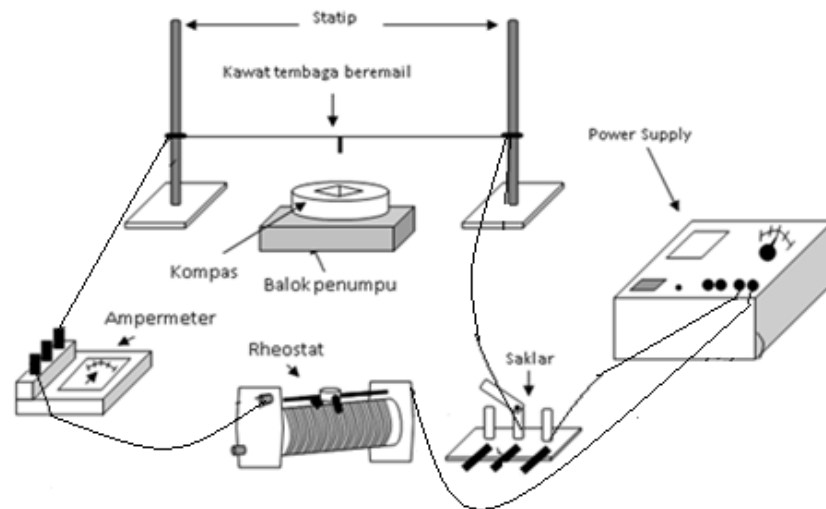
Lembar Kerja Peserta Didik 5

Lembar Kerja Peserta Didik
MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT BERARUS
A. Tujuan 1. Menyelidiki medan magnet di sekitar kawat berarus 2. Menemukan hubungan kuat arus dengan besar induksi magnet pada kawat berarus listrik 3. Menemukan hubungan jarak dengan besar induksi magnet 4. Menentukan arah medan magnet disekitar kawat lurus berarus
B. Alat dan Bahan 1. Kawat tembaga/nikelin (±50 cm) 2. Statif (2 buah) 3. Jarum Kompas (2 buah) 4. Power supply (catu daya) (1 buah) 5. Amperemeter (1 buah)

6. Rheostat (1 buah)
7. Saklar (1 buah)
8. Gauss meter (menggunakan aplikasi di HP)

C. Percobaan/ Prosedur

1. Rangkailah alat dan bahan seperti gambar
2. Letakkan masing-masing 1 jarum kompas di atas kawat dan di bawah kawat.
3. Hubungkan kedua ujung kawat dengan catu daya (power supply), pilih pada tegangan 6 volt atau 9 volt.
4. Tutuplah saklar, amati simpangan yang terjadi pada jarum kompas.



5. Ubah-ubah posisi kawat terhadap jarum kompas dengan cara memutar salah satu statif mulai dari 0° , 45° , dan 90° , amati apa yang terjadi.
6. Letakkan posisi kawat sejajar jarum kompas
7. Ubah arah arus dengan menukar kedua ujung kawat yang terhubung ke power supply.
8. Amati simpangan yang terjadi pada jarum kompas, kemudian tuliskan/gambarkan arah simpangan jarum pada tabel 1.
9. Ulangi langkah 6 dengan mengubah-ubah reostat/potensiometer. Ukurlah besar induksi magnet dengan gaussmeter untuk tiap-tiap kuat arus dan masukkan ke dalam tabel 2.
10. Ulangi langkah 6 dan 9 dengan mengubah jarak jarum kompas terhadap kawat. Ukur besar induksi magnet dengan gaussmeter untuk masing-masing jaraknya dan masukkan ke dalam tabel 3.

D. Tabel Hasil Pengamatan

Tabel 1

No	Letak Jarum Kompas	Arah Arus	Arah Simpangan Jarum Kompas
1	Bawah	Dari A ke B	
		Dari B ke A	
2	Atas	Dari A ke B	
		Dari B ke A	

Kesimpulan :

.....

.....

.....

Tabel 2

No	Besar Kuat arus (Ampere)	Besar simpangan magnet jarum	Besar induksi magnet
1			
2			
3			

Kesimpulan :

.....

.....

.....

Tabel 3

No	Jarak jarum magnet ke kawat (cm)	Besar simpangan magnet jarum	Besar induksi magnet
1			
2			
3			

Kesimpulan :

.....

.....

.....

E. Pertanyaan

1. Berdasarkan kegiatan tersebut, bagaimanakah skema arah medan induksi dengan arah kuat arus?
2. Bagaimanakah bentuk grafik antara kuat arus dengan medan magnet induksi?
3. Berdasarkan kegiatan tersebut, bagaimanakah grafik hubungan antara jarak titik terhadap kawat dengan medan magnet induksi?

5. Aktivitas Medan Magnet di Sekitar Kawat Melingkar Lurus yang Berarus

Medan Magnet di Sekitar Kawat Penghantar Melingkar yang Berarus

A. Tujuan Aktivitas Pembelajaran

Setelah melakukan percobaan, diharapkan peserta mampu menjelaskan besar induksi magnet di sekitar kawat melingkar yang berarus dan sumbu solenoida.

B. Media, Alat, dan Bahan

1. Kawat melingkar (3 buah: $r \pm 4\text{cm}$, $r \pm 8\text{cm}$, dan $r \pm 10\text{ cm}$)
2. Solenoida (lilitan kawat) (1 buah: $r \pm 5\text{ cm}$, $p \pm 10\text{ cm}$)
3. Jarum Kompas (4 buah)
4. Power supply (1 buah)
5. Ampermeter (1 buah)
6. Rheostat/potensiometer (1 buah)
7. Saklar (1 buah)

C. Apa yang Saudara lakukan

1. Menunjukkan sebuah kawat melingkar dan solenoida kemudian mengajukan pertanyaan “Minggu lalu kalian sudah mempelajari medan magnet di sekitar kawat lurus, sekarang apakah yang terjadi terhadap jarum kompas jika didekatkan ke kawat berarus listrik yang berbentuk melingkar? Bagaimana pula jika didekatkan ke lilitan kawat (solenoida)?
2. Mengajukan pertanyaan: “Apa saja yang mempengaruhi besar kecilnya induksi magnet disekitar kawat melingkar dan solenoida?”
3. Membimbing peserta didik membuat hipotesa tentang besar induksi magnet disekitar kawat melingkar dan solenoida.
4. Membimbing peserta didik melakukan praktikum “Medan magnet di sekitar kawat melingkar dan solenoida” secara berkelompok untuk membuktikan hipotesanya.
5. Membimbing peserta didik mengumpulkan data pengamatan hasil percobaan pada kolom yang tersedia pada LKPD 6.

6. Membimbing peserta didik mengolah data pengamatan hasil percobaan untuk menjawab beberapa pertanyaan di lembar kerja peserta didik (LKPD).
7. Membimbing peserta didik dalam mendiskusikan hasil pengamatan dengan memperhatikan pertanyaan-pertanyaan pada lembar kegiatan dan membandingkan pengolahan dengan data-data pada buku sumber.
8. Membimbing peserta didik dalam menyimpulkan hasil percobaan tentang besar induksi magnet di sekitar kawat penghantar melingkar dan solenoida.

Lembar Kerja Peserta Didik 6

Lembar Kerja Peserta Didik

MEDAN MAGNET KAWAT MELINGKAR BERARUS LISTRIK

A. Tujuan

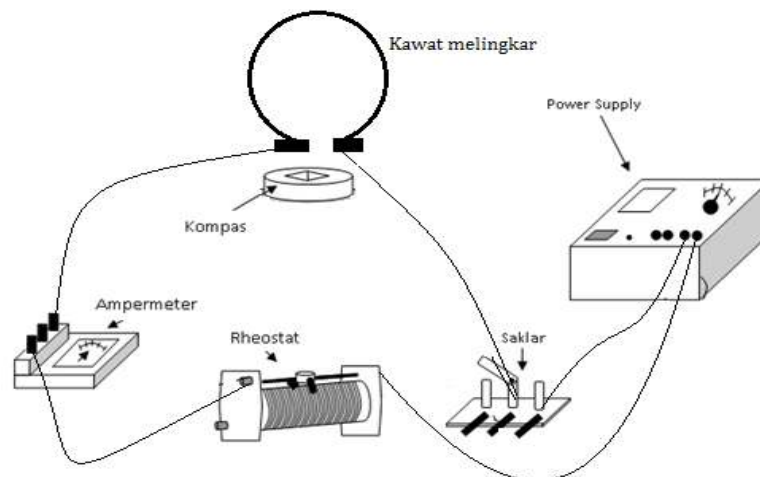
1. Menemukan hubungan jumlah lilitan dengan besar induksi magnet pada kawat melingkar berarus listrik
2. Menemukan hubungan jari-jari lingkaran kumparan kawat dengan besar induksi magnet pada titik tersebut.
3. Menemukan hubungan arus listrik dengan besar induksi magnet.

B. Alat dan Bahan

1. Kawat melingkar dengan jumlah lilitan dan jari-jari berbeda (3 buah: $r \pm 4\text{cm}$, $r \pm 8\text{cm}$, dan $r \pm 10\text{ cm}$)
2. *Power supply* (1 buah)
3. Amperemeter (1 buah)
4. Jarum kompas (4 buah)
5. Busur derajat (1 buah)

C. Percobaan/ Prosedur

1. Rangkai alat dan bahan seperti gambar



2. Letakkan magnet jarum di bawah kawat seperti pada gambar dengan posisi jarum tepat menunjuk ke arah utara (posisi 0°)
3. Gunakan kawat dengan jumlah lilitan terkecil.
4. Hubungkan baterai dengan ujung-ujung kawat supaya arus mengalir dalam rangkaian. Amati besar arus listrik yang terukur pada ampere meter dan simpangan yang terjadi pada jarum kompas kemudian tuliskan pada tabel 1.
5. Lepaskan hubungan baterai pada rangkaian.
6. Ganti jumlah lilitan kawat dengan yang lebih besar kemudian hubungkan kembali baterai pada rangkaian. Amati kembali besar arus listrik dan besar simpangan jarum kemudian tuliskan pada tabel 1.
7. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk jumlah lilitan berbeda.
8. Lepaskan hubungan baterai pada rangkaian.
9. Ganti kumparan kawat dengan diameter/jari-jari yang lebih kecil/besar
10. Lakukan kembali langkah 5 dan 6 namun dituliskan pada tabel 2.
11. Lakukan pengamatan untuk menemukan hubungan kuat arus listrik dengan medan magnet induksi.. Tuliskan hasilnya pada tabel 3

D. Tabel Hasil Pengamatan

Tabel 1

No	Jumlah lilitan (N)	Besar simpangan magnet jarum	Arus listrik (A)
1			
2			
3			

Kesimpulan :

Tabel 2

No	Jari-jari kumparan (r)	Besar simpangan magnet jarum	Arus listrik (A)
1			
2			
3			

Kesimpulan :

Tabel 3

No	Besar Kuat arus (Ampere)	Besar simpangan magnet jarum
1		
2		
3		

Kesimpulan :

E. Pertanyaan

Simpangan jarum menunjukkan besar medan magnet induksi yang dihasilkan (B), maka:

1. Semakin banyak jumlah lilitan (N), maka medan magnet induksi (B) di titik tersebut semakin

Tuliskan formula matematis (kesebandingan):

2. Semakin besar jari-jari kumparan, maka medan magnet induksi (B) yang dihasilkan semakin

Tuliskan formula matematis (kesebandingan):

3. Semakin besar arus listrik pada kumparan, maka medan magnet induksi (B) yang dihasilkan semakin

Tuliskan formula matematis (kesebandingan):

4. Buat kesimpulan umum dari seluruh hasil percobaan.

.....

Referensi

1. Beiser, A. (1995). *Applied Physics*, New York: McGraw Hill, Inc.
2. Cutnell, J. J. (2012). *Physics, 9th Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
3. Halliday and Resnick. (1991). *Fisika (Terjemahan)*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
4. Kanginan, M. (1996). *Fisika SMA Jilid 1*, Jakarta: Penerbit Erlangga.