

Kode FIS.20

Listrik Statis



**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kode FIS.20

Listrik Statis

Penyusun

Dr. Budi Jatmiko, MPd.

Editor

Drs. Munasir, MSi.

Drs. Supardiono, MSi.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul

(penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.
NIP 130 675 814

Kata Pengantar

Modul ini, ditulis untuk membantu peserta diklat dalam mempelajari gejala Listrik Statis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Modul ini ditulis berdasarkan kurikulum SMK Edisi 2004, untuk Program-program Keahlian: Teknik Gambar Mesin, Produksi Grafika, Teknik Pemeliharaan Mekanik Industri, dan Multi Media. Utamanya diperuntukkan Program-program Keahlian: Teknik Gambar Mesin dan Teknik Pemeliharaan Mekanik Industri.

Materi yang dibahas dalam modul ini meliputi: Muatan listrik, hukum Coulomb, dan Medan listrik, serta contoh soal dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Penulis menyadari, bahwa modul ini masih banyak kekurangannya, karena itu, kritik dan saran dari semua pengguna dan pembaca sangat kami harapkan demi perbaikan modul ini selanjutnya.

Semoga modul ini dapat membantu serta menjadi sumber informasi yang berguna bagi pengguna dan pembaca.

Surabaya, Desember 2004
Penyusun,

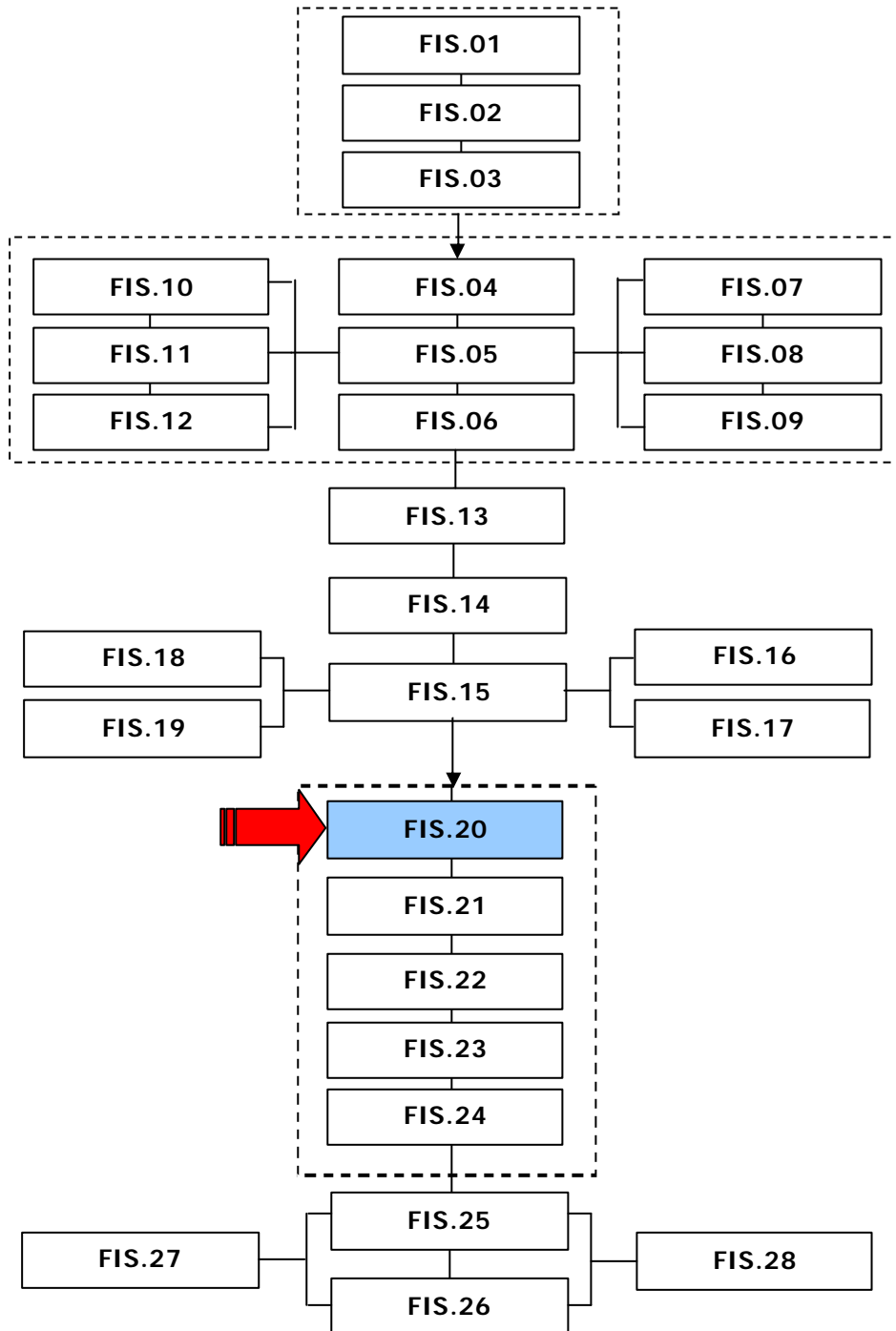
Budi Jatmiko

DAFTAR ISI

✂	Halaman Sampul.....	i
✂	Halaman Francis	ii
✂	Kata Pengantar	iii
✂	Kata Pengantar	v
✂	Daftar Isi.....	vi
✂	Peta Kedudukan Modul	viii
✂	Daftar Judul Modul	ix
✂	Glosary	x
I. PENDAHULUAN		
a.	Deskripsi.....	1
b.	Prasarat	1
c.	Petunjuk Penggunaan Modul.....	1
d.	Tujuan Akhir	2
e.	Kompetensi.....	3
f.	Cek Kemampuan	4
II. PEMELAJARAN		
A. Rencana Belajar Peserta Diklat		5
B. Kegiatan Belajar		
1. Kegiatan Belajar		6
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	6
b.	Uraian Materi	6
c.	Rangkuman	18
d.	Tugas	19
e.	Tes Formatif	19
f.	Kunci Jawaban	20
g.	Lembar Kerja	21
2. Kegiatan Belajar		25
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	25
b.	Uraian Materi	25
c.	Rangkuman	29
d.	Tugas	30
e.	Tes Formatif	30
f.	Kunci Jawaban	31

3. Kegiatan Belajar	34
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran	34
b. Uraian Materi	34
c. Rangkuman	37
d. Tugas	38
e. Tes Formatif	38
f. Kunci Jawaban	39
III. EVALUASI	
A. Tes Tertulis.....	44
B. Tes Praktik	46
KUNCI JAWABAN	
A. Tes Tertulis.....	47
B. Lembar Penilaian Tes Praktik	52
IV. PENUTUP	55
DAFTAR PUSTAKA	56

Peta Kedudukan Modul



Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Listrik statis	Kumpulan muatan listrik dalam jumlah besar, yang statis (tidak mengalir), namun apabila terjadi pengosongan muatan tersebut waktunya sangat singkat
Muatan positif	Muatan-muatan yang sejenis dengan muatan pada batang kaca yang digosok dengan kain sutera
Muatan negatif	Muatan-muatan yang sejenis dengan muatan pada penggaris plastik yang digosok dengan kain wol
Elektron	Partikel yang mengelilingi suatu inti atom, bermuatan negatif sebesar $-1,6 \times 10^{-19}$ C dan massanya $9,1 \times 10^{-31}$ Kg
Proton	Partikel penyusun inti atom yang bermuatan positif dan massanya $1,67 \times 10^{-27}$ Kg
Neutron	Partikel penyusun inti atom yang tidak bermuatan dan massanya $1,67 \times 10^{-27}$ Kg
Ion	Atom-atom yang kehilangan electron atau memperoleh tambahan elektron, ion dapat bermuatan positif atau negatif
Polar	Pengutuban
Induksi	Peristiwa memuati suatu konduktor dengan jalan mendekatkan (tidak sampai menempel) konduktor lain yang bermuatan pada konduktor tersebut
Konduksi	Peristiwa memuati suatu konduktor dengan jalan menempelkan konduktor lain yang bermuatan pada konduktor tersebut
Elektroskop	Suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu adanya muatan listrik
Petir	Peristiwa alam yang merupakan loncatan muatan listrik statis yang amat besar
Permitivitas ruang hampa ϵ_0	Suatu konstanta yang besarnya $8,85 \times 10^{-12}$ C ² /Nm ²
Medan listrik	Daerah atau ruang di sekitar mana apabila suatu muatan listrik ditempatkan di daerah tersebut akan mengalami gaya listrik
Kuat medan listrik	Gaya tiap satuan muatan disuatu titik tertentu

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini, anda akan mempelajari tentang: bagaimana terjadinya listrik statis melalui proses penggosokan, cara memperoleh muatan listrik melalui induksi dan konduksi, mendeteksi muatan melalui percobaan elektroskop, pengosongan muatan listrik dan proses terjadinya petir, pengosongan muatan listrik tanpa menimbulkan kerusakan dengan menggunakan penangkal petir, hukum Coulomb dan kuat medan listrik, serta penerapannya dalam perhitungan. Modul ini sebagai dasar dalam mempelajari Modul Listrik Dinamis berikutnya.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini, anda sebaiknya telah mempelajari struktur dan model-model atom.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini di antara modul-modul yang lain.
2. Perhatikan perintah dan langkah-langkah dalam melakukan percobaan dengan cermat untuk mempermudah dalam memahami konsep, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
3. Pahami setiap materi dengan membaca secara teliti dan perhatikan secara saksama setiap kalimat atau kata yang dicetak tebal. Apabila terdapat contoh soal, maka cobalah kerjakan kembali contoh tersebut tanpa melihat buku sebagai sarana berlatih. Apabila

terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagaimana yang diperintahkan.

4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur.
6. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru/instruktur pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi yang lain yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

- ↳ Menganalisis percobaan untuk memahami proses terjadinya muatan listrik.
- ↳ Mendeskripsikan berbagai cara untuk memperoleh listrik statis.
- ↳ Menerapkan konsep kelistrikan untuk memahami gejala-gejala listrik statis.
- ↳ Menghitung gaya Coulomb.
- ↳ Menghitung kuat medan listrik.

E. Kompetensi

Kompetensi : LISTRIK STATIS
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.20
 Durasi Pembelajaran : 14 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Menjelaskan konsep listrik statis	? Gaya interaksi dua muatan listrik dihitung dengan hukum Coulomb ? Kuat medan listrik ditentukan oleh muatan titik.	? Materi kompetensi ini membahas tentang: <ul style="list-style-type: none"> - Muatan listrik - Hukum Coulomb - Medan listrik 	? Teliti dalam menjelaskan pengaruh gaya interaksi dua muatan	? Terjadinya muatan listrik ? Gaya Coulomb (hukum Coulomb) ? Pengertian medan listrik ? Kuat medan listrik	? Menghitung gaya interaksi dua muatan listrik dan kuat medan listrik

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Mengapa mendapatkan listrik statis ketika udara lembab atau hari hujan lebih sulit dibandingkan ketika udara kering?
2. Jelaskan bagaimana cara mendapatkan muatan listrik statis.
3. Bagaimana cara memperoleh muatan listrik dengan: (a) induksi, dan (b) konduksi?
4. Jelaskan dengan singkat bagaimana cara kerja elektroskop.
5. Bagaimana proses terjadinya petir?
6. Apa gunanya penangkal petir? Mengapa demikian?
7. Berapakah besarnya gaya tarik-menarik pada dua buah benda bermuatan yang masing-masing besarnya $+5 \text{ } \mu\text{C}$ dan $-8 \text{ } \mu\text{C}$ dan terpisah pada jarak 3 cm? Berapa pula besarnya kuat medan listrik pada masing-masing benda bermuatan tersebut?

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Siswa

Kompetensi : Menginterpretasikan listrik statis dan dinamis

Sub Kompetensi : Menjelaskan konsep listrik statis

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Melakukan percobaan untuk memperoleh jenis muatan listrik statis dengan cara menggosok.
- ☞ Menganalisis mengapa memperoleh muatan listrik statis pada saat udara lembab lebih sulit daripada memperoleh muatan listrik ketika udara kering.
- ☞ Melakukan percobaan untuk memperoleh kesimpulan bahwa “muatan sejenis tolak-menolak dan muatan tak sejenis tarik-menarik”.
- ☞ Menyebutkan hukum kekekalan muatan listrik.
- ☞ Menjelaskan model atom sederhana.
- ☞ Melakukan percobaan menggunakan elektroskop untuk mendapatkan muatan listrik dengan cara “induksi” dan dengan cara “konduksi”.
- ☞ Menjelaskan proses terjadinya petir.
- ☞ Menjelaskan bagaimana cara melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir.

b. Uraian Materi

Pada saat hujan turun, pernahkah anda melihat **petir**? Petir adalah peristiwa alam yang sangat berbahaya dan ditakuti semua orang, karena petir menimbulkan kilatan cahaya yang diikuti dengan suara dahsyat di udara. Apabila seseorang tersambar petir, maka tubuh orang tersebut akan terbakar. Akibat berbahayanya petir, maka gedung-gedung bertingkat yang cukup tinggi dilengkapi dengan penangkal petir. Apa yang menyebabkan terjadinya petir? Mengapa tubuh orang yang tersambar petir terbakar? Mengapa gedung-gedung bertingkat yang tinggi dilengkapi dengan penangkal petir?

Dengan modul ini, kita akan mempelajari dan mendiskusikan bagaimana cara memperoleh listrik statis dan cara pengosongannya sebagaimana petir dan manfaat penangkal petir.

MUATAN LISTRIK

Pernahkah anda terkejut ketika tangan anda menyentuh layar TV? Apakah yang menyebabkan peristiwa sengatan yang kadang-kadang disertai rasa sakit itu? Sengatan itu merupakan akibat yang ditimbulkan oleh listrik statis. Petir yang sering Anda lihat pada saat hari hujan itu juga merupakan contoh peristiwa alam yang disebabkan listrik statis. Apakah listrik statis itu?

Terjadinya Listrik Statis

Kata "listrik" dalam bahasa Inggris *electric*, berasal dari bahasa Yunani *elektron*, yang berarti "*amber*". *Amber* adalah pohon damar yang membatu, dan pengetahuan kuno membuktikan bahwa jika anda menggosok batang *amber* dengan sepotong kain, maka *amber* menarik potongan daun kecil-kecil atau debu. Batang karet keras, batang kaca, atau penggaris plastik, jika digosok dengan sepotong kain juga akan menunjukkan "efek *amber*" atau **listrik statis** sebagaimana yang kita sebut sekarang. Barangkali anda telah memiliki pengalaman tentang listrik statis yakni ketika anda menyisir rambut kering, atau ketika menyetrika baju nilon. Pada setiap kasus tadi, suatu benda menjadi "bermuatan" listrik karena proses gosokan dan dikatakan memiliki **muatan listrik**.

Apakah seluruh muatan listrik sama? Atau mungkinkah terdapat lebih dari satu jenis?

Jenis Muatan Listrik

Sesuai dengan hasil percobaan anda, terdapat dua jenis muatan listrik. Ketika penggaris plastik kedua yang telah dimuati dengan cara yang sama didekatkan pada penggaris plastik pertama, penggaris pertama bergerak menjauhi penggaris kedua. Peristiwa ini ditunjukkan pada **Gambar 1a**. Ketika

batang kaca kedua yang telah dimuati dengan cara yang sama didekatkan pada batang kaca pertama, batang kaca kedua juga bergerak menjauhi batang kaca pertama. Peristiwa ini ditunjukkan pada **Gambar 1b**. Tetapi, jika batang kaca yang bermuatan didekatkan pada penggaris plastik yang bermuatan, akan didapatkan bahwa keduanya akan saling menarik, **Gambar 1c**.



Gambar 1 Muatan yang tak sejenis tarik menarik, sedangkan muatan yang sejenis tolak menolak satu dengan yang lain.

Karena itu, muatan pada batang kaca haruslah berbeda dengan muatan pada penggaris plastik. Memang, melalui eksperimen seluruh muatan benda dapat dikategorikan ke dalam dua jenis. Setiap benda bermuatan yang ditarik oleh penggaris plastik, akan ditolak oleh batang kaca, atau setiap benda yang ditolak oleh penggaris plastik, akan ditarik oleh batang kaca. Jadi terdapat dua jenis muatan listrik yaitu, **muatan yang ditolak batang kaca bermuatan**, dan **muatan yang ditarik batang kaca bermuatan**.

Dua jenis muatan listrik yang ditunjukkan tersebut dinyatakan oleh seorang Amerika, seorang saintis, seorang filosof yang bernama Benjamin Franklin (1706-1790) sebagai muatan positif dan muatan negatif. Franklin memilih muatan pada batang kaca yang digosok adalah **muatan positif**, sedangkan muatan pada penggaris plastik yang digosok (atau *amber*) adalah **muatan negatif**. Sampai sekarang kita masih mengikuti perjanjian ini.

Hukum Kekekalan Muatan

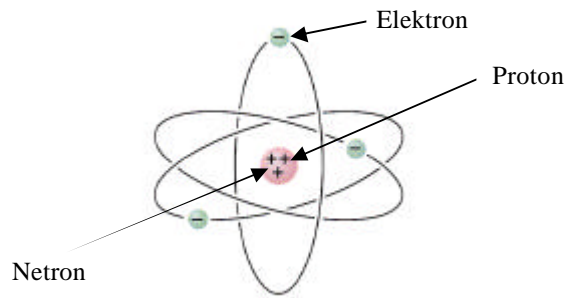
Franklin mengusulkan bahwa jumlah muatan yang dihasilkan oleh suatu benda melalui suatu proses penggosokan, adalah sama dengan jumlah muatan positif dan negatif yang dihasilkan. Jumlah bersih muatan yang dihasilkan oleh suatu benda selama proses penggosokan adalah nol. Contoh, ketika penggaris plastik digosok dengan kain wol, plastik memperoleh muatan negatif dan kain wol memperoleh muatan positif dengan jumlah yang sama. Muatan-muatan tersebut dipisahkan, namun jumlah kedua jenis muatan adalah sama. Ini adalah contoh dari suatu hukum yang berlaku sampai sekarang, yang dikenal dengan nama **hukum kekekalan muatan listrik** yang berbunyi:

Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol.

Jika suatu benda atau suatu daerah ruang memperoleh muatan positif, maka akan dihasilkan sejumlah muatan negatif dengan jumlah yang sama pada daerah atau benda di sekitarnya.

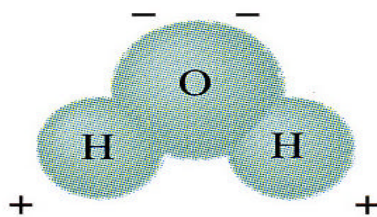
Muatan Listrik dalam Suatu Atom

Gambar 2 memperlihatkan model atom sederhana, terdiri dari muatan positif di dalam inti, dikelilingi satu atau lebih elektron. Inti berisi proton-proton bermuatan positif, dan neutron yang tidak bermuatan listrik. Besarnya muatan proton dan elektron adalah sama, tetapi tandanya berlawanan. Karena itu atom-atom netral berisi proton-proton dan elektron-elektron dengan jumlah yang sama. Meskipun demikian, suatu atom kadang-kadang akan kehilangan satu atau lebih elektron, atau akan memperoleh elektron-elektron ekstra. Pada kasus ini, atom akan bermuatan positif atau negatif, dan disebut **ion**.



Gambar 2 Model atom sederhana.

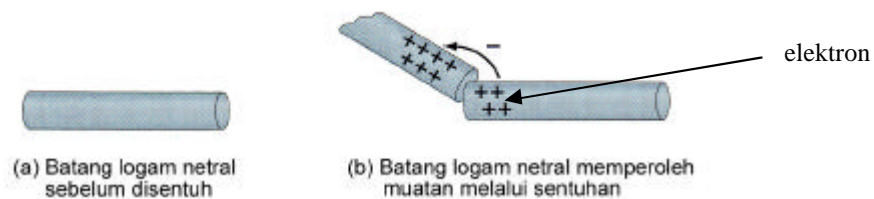
Umumnya, ketika benda dimuati melalui gosokan, benda-benda akan mempertahankan muatannya hanya sebentar, kemudian kembali ke keadaan netral. Kemana muatan pergi? Dalam beberapa kasus, hal ini dinetralkan oleh ion-ion bermuatan di udara (misalnya, oleh tumbukan dengan partikel-partikel bermuatan, yang kita kenal sebagai sinar kosmik dari ruang angkasa yang mencapai bumi). Hal yang penting diketahui, bahwa muatan dapat lepas ke inti air di udara. Ini karena molekul-molekul air adalah **polar**, meskipun molekul-molekul air tersebut adalah netral, muatan molekul-molekul air tidaklah disalurkan secara seragam sebagaimana diperlihatkan pada **Gambar 3**. Jadi elektron-elektron ekstra pada penggaris plastik, dapat lepas ke udara karena ditarik menuju molekul-molekul positif air. Di sisi lain, benda-benda yang dimuati secara positif, dapat dinetralkan oleh hilangnya (berpindahnya) elektron-elektron air dari molekul-molekul udara ke benda-benda bermuatan positif tersebut. Pada udara kering, listrik statis lebih mudah diperoleh karena udara berisi lebih sedikit molekul-molekul yang dapat berpindah. Pada udara lembab, adalah sulit untuk membuat benda bermuatan tahan lama.



Gambar 3 Sebuah molekul air. Karena molekul air mempunyai muatan yang berlawanan pada ujung yang berbeda, maka disebut sebuah molekul "polar".

Cara Memperoleh Muatan Listrik

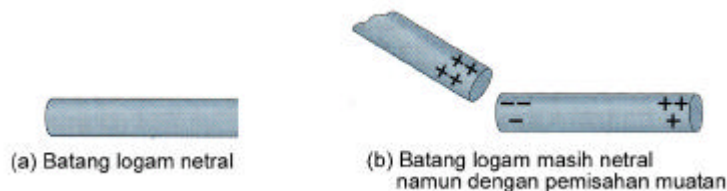
Bila sebuah benda logam bermuatan positif disentuhkan dengan benda logam lain yang tidak bermuatan (netral), maka elektron-elektron bebas dalam logam yang netral akan ditarik menuju logam yang bermuatan positif tersebut sebagaimana diperlihatkan pada **Gambar 4**. Karena sekarang logam kedua tersebut kehilangan beberapa elektronnya, maka logam ini akan bermuatan



Gambar 4 Batang logam netral memperoleh muatan ketika disentuh dengan benda logam lain yang bermuatan.

positif. Proses demikian disebut memuati dengan cara **konduksi** atau dengan cara **kontak**, dan kedua benda tersebut akhirnya memiliki muatan dengan tanda yang sama.

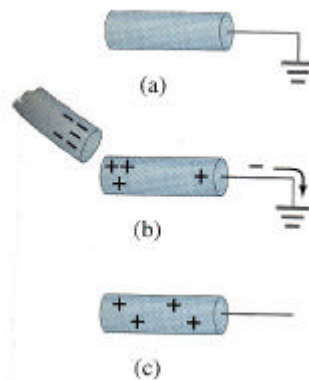
Bila benda yang bermuatan positif didekatkan pada batang logam yang netral, tetapi tidak disentuhkan, maka elektron-elektron batang logam tidak meninggalkan batang, namun elektron-elektron tersebut bergerak dalam logam menuju benda yang bermuatan, dan meninggalkan muatan positif pada ujung yang berlawanan, seperti diperlihatkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Memberi muatan dengan jalan induksi

Muatan tersebut dikatakan telah diinduksikan pada kedua ujung batang logam. Proses demikian disebut memuat dengan cara **induksi**. Tentu saja tidak ada muatan yang dihasilkan dalam batang; muatan hanya **dipisahkan**. Jumlah muatan pada batang logam masih sama dengan nol. Meskipun demikian, jika dipotong menjadi dua bagian, kita akan memiliki dua benda yang bermuatan, satu bermuatan positif dan yang lain bermuatan negatif.

Cara lain untuk menginduksi muatan pada benda logam adalah dengan jalan menghubungkan logam tersebut menuju *ground* melalui kawat konduktor sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 6a** (berarti *ground*). Selanjutnya benda dikatakan di "*ground*-kan" atau "dibumikan". Karena bumi sangat besar dan dapat menyalurkan elektron, maka bumi dengan mudah dapat menerima ataupun memberi elektron-elektron; karena itu dapat bertindak sebagai penampung (reservoir) untuk muatan. Jika suatu benda bermuatan negatif didekatkan ke sebuah logam, maka electron-elektron bebas dalam logam akan menolak dan beberapa electron akan bergerak menuju bumi melalui kabel (Gambar 6b).



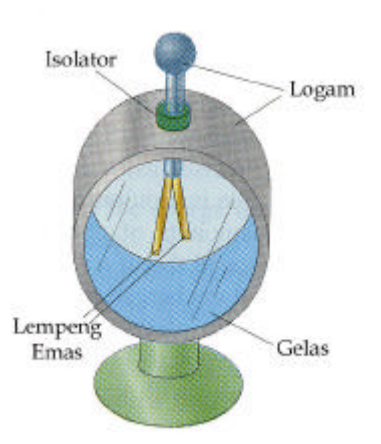
Gambar 6. Induksi muatan pada suatu benda yang dihubungkan ke bumi.

Ini menyebabkan logam bermuatan positif. Jika sekarang kabel dipotong, maka logam akan memiliki muatan induksi positif (**Gambar 6c**).

ELEKTROSKOP

Elektroskop adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan. Sebagaimana diperlihatkan **Gambar 7**, di dalam sebuah peti kaca terdapat dua buah daun elektroskop yang dapat bergerak (kadang-kadang yang dapat bergerak hanya satu daun saja), biasanya dibuat dari emas.

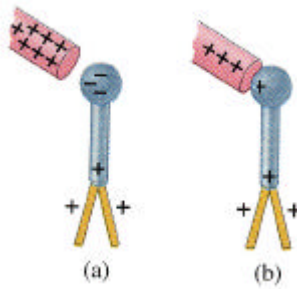
Daun-daun elektroskop ini dihubungkan ke sebuah bola logam yang berada di luar peti kaca melalui suatu konduktor yang terisolasi dari peti. Apabila benda



Gambar 7 Elektroskop

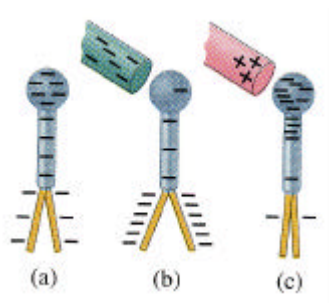
yang bermuatan positif didekatkan ke bola logam, maka pemisahan muatan terjadi melalui induksi, elektron-elektron ditarik naik menuju bola, sehingga kedua daun elektroskop bermuatan positif dan saling menolak (**Gambar 8a**). Proses demikian disebut memuati dengan cara **induksi**. Sedangkan, jika bola dimuati dengan cara konduksi, maka bola logam konduktor, dan kedua daun elektroskop memperoleh muatan positif, sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 8b**. Pada setiap kasus, makin besar muatan, maka makin lebar pemisahan daun-daun elektroskop.

Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa dengan cara ini, anda tidak dapat menentukan tanda muatan, karena dalam setiap kasus, kedua daun elektroskop saling menolak satu dengan yang lain. Meskipun demikian, suatu elektroskop dapat digunakan untuk menentukan "tanda muatan" jika



Gambar 8 Elektroskop dimuati (a) dengan cara induksi, (b) dengan cara konduksi

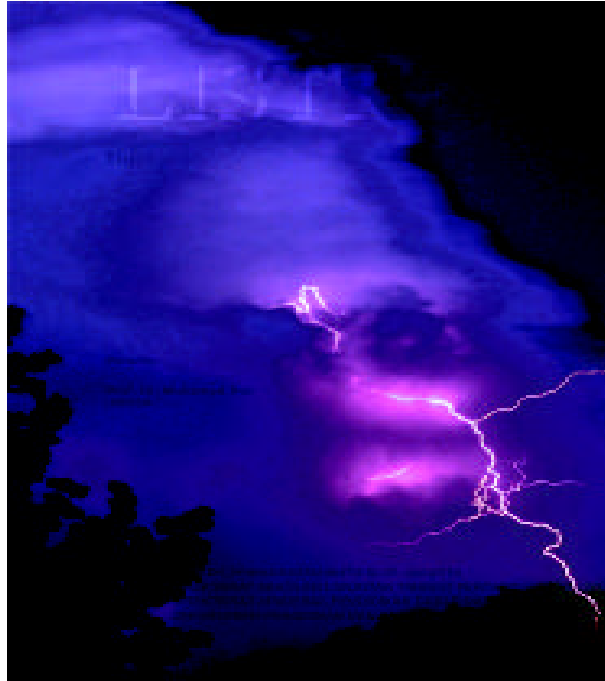
pertama-tama pemisahan muatan dilakukan dengan cara konduksi, misalnya secara negatif, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 9a**. Sekarang, jika benda bermuatan negatif didekatkan, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 9b**, maka lebih banyak elektron diinduksi untuk bergerak ke bawah menuju daun-daun elektroskop sehingga kedua daun ini terpisah lebih lebar. Di sisi lain, jika muatan positif didekatkan, maka elektron-elektron akan diinduksi untuk bergerak ke atas, sehingga menjadi lebih negatif dan jarak pisah kedua daun ini menjadi berkurang (menjadi lebih sempit), seperti pada **Gambar 9c**.



Gambar 9 Elektroskop yang pertama-tama dimuati dapat digunakan untuk menentukan tanda dari suatu muatan yang diberikan.

PENGOSONGAN MUATAN LISTRIK

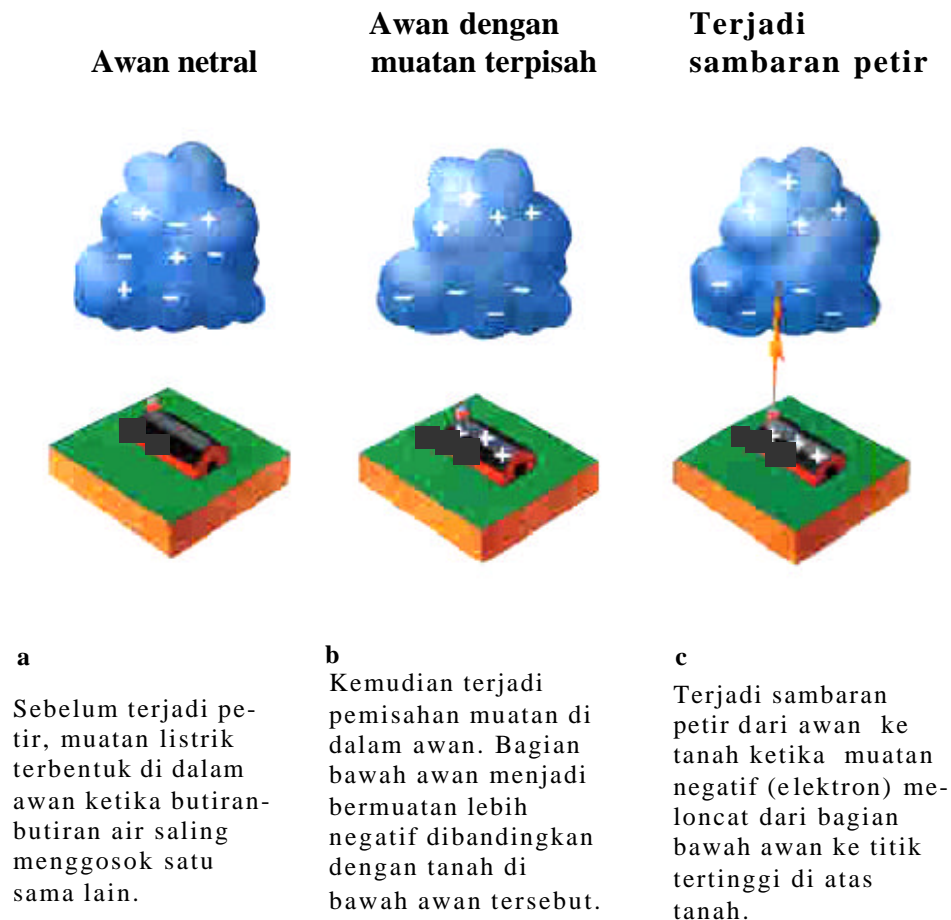
Loncatan muatan listrik terjadi pada saat muatan listrik bergerak secara bersama-sama. Kejadian ini disebut pengosongan listrik statis. Pengosongan itu ditunjukkan oleh sambaran petir pada **Gambar 10**.



Gambar 10 Petir adalah contoh loncatan muatan listrik statis yang besar

Muatan listrik dapat hilang dengan pengosongan. Pengosongan terjadi apabila tersedia suatu jalan bagi elektron-elektron untuk mengalir dari suatu benda bermuatan ke benda lain. Perpindahan muatan listrik statis dari satu benda ke benda lain disebut penetralkan atau pengosongan muatan statis. Pengosongan itu lazim juga disebut **pentanahan**, karena muatan itu sering dikosongkan dengan cara menyalurkan ke tanah.

Pengosongan muatan statis di udara dapat terjadi sangat besar sehingga menimbulkan suara dahsyat yang kita sebut **guntur**. Proses terjadinya petir dapat dijelaskan pada **Gambar 11a**, **11b**, dan **11c**. Bacalah keterangan ketiga gambar tersebut.



Gambar 11 Proses terjadinya petir

PENANGKAL PETIR

Batang logam penangkal petir sering dipasang di atas atap rumah bertingkat atau di atas bangunan tinggi, dan dihubungkan ke dalam tanah melalui kabel logam. Penangkal petir, melindungi rumah dan bangunan tinggi tersebut dari kerusakan oleh energi listrik yang besar di dalam petir. Penangkal petir ini menyediakan suatu jalan aman, atau pentanahan, agar arus listrik petir mengalir masuk ke dalam tanah, bukan melewati rumah atau bangunan lain. Pernahkah anda melihat penangkal petir? Pernahkah anda melihat bangunan tinggi yang dilengkapi dengan penangkal petir seperti **Gambar 12**. Penangkal petir itu merupakan contoh pengosongan muatan statis yang tidak menimbulkan kerusakan.



Kabel

Gambar 12.

Pada saat terjadi petir, pengosongan listrik statis dari bagian bawah awan yang bermuatan ke Bumi akan melewati batang penangkal petir ini. Muatan listrik akan mengalir ke bawah dengan aman melalui kabel logam tersebut, dan masuk ke dalam tanah.

c. Rangkuman

- ☞ Muatan positif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh kaca jika digosok dengan kain sutera.
- ☞ Muatan negatif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh penggaris plastik jika digosok dengan kain wol.
- ☞ Muatan yang sejenis tolak-menolak dan muatan yang tak sejenis tarik-menarik.
- ☞ Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (misalnya, penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol.
- ☞ Atom terdiri dari inti atom yang bermuatan positif (proton dan neutron) dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif.
- ☞ Mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan induksi dapat dilakukan dengan cara mendekatkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.
- ☞ Mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan konduksi dapat dilakukan dengan cara menyentuhkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.
- ☞ Elektroskop adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan listrik. Daun-daun elektroskop akan mengembang apabila kepala elektroskop dimuati baik dengan cara "induksi", maupun dengan cara "konduksi".
- ☞ Petir adalah contoh pengosongan muatan statis di udara.
- ☞ Untuk menghindari kerusakan pada bangunan yang tinggi dari sambaran petir, dapat dilakukan dengan cara memasang penangkal petir pada bangunan tersebut.

d. Tugas

- 1). Buatlah elektroskop sederhana dari botol plastik air mineral sebagai peti kaca, grenjeng rokok sebagai daun-daun elektroskop, dan paku besar sebagai batang konduktor.
- 2). Ujilah elektroskop buatan anda tersebut dengan jalan memuati dengan cara "induksi" dan "konduksi" menggunakan kertas transparansi yang digosok dengan kain. Kumpulkan elektroskop buatan anda dan laporkan hasil analisis pengujian pada pertemuan berikutnya.

e. Tes Formatif

- 1) Jelaskan: (a) mengapa penggaris plastik yang digosok dengan kain dapat menarik potongan-potongan kertas kecil, (b) mengapa sesaat kemudian potongan-potongan kertas tersebut lepas kembali.
- 2) Apa yang akan terjadi pada penggaris plastik yang telah digosok dengan kain wol dan tergantung pada seutas tali bila didekati dengan penggaris plastik lain yang juga digosok dengan kain wol? Mengapa demikian?
- 3) Seperti soal no. 2) tetapi yang didekatkan batang kaca yang telah digosok dengan kain sutera.
- 4) Mengapa daun-daun elektroskop akan mengembang bila kepala elektroskop didekati dengan plastik transparansi yang telah digosok dengan kain? Apa yang akan terjadi bila plastik transparan tersebut dijauhkan? Mengapa demikian?
- 5) Seperti soal no 4) tetapi plastik transparan yang telah digosok dengan kain disentuhkan? Apa yang akan terjadi bila plastik transparan tersebut dijauhkan? Mengapa demikian?
- 6) Jelaskan mengapa untuk menghindari kerusakan pada bangunan yang tinggi dari sambaran petir, dipasang penangkal petir?

f. Kunci Jawaban

- 1) (a) karena penggaris plastik yang telah digosok dengan kain menjadi bermuatan listrik negatif dan bersifat menarik benda-benda kecil dan ringan termasuk potongan-potongan kertas kecil, (b) sesaat kemudian potongan-potongan kertas kecil lepas kembali karena muatan penggaris tersebut dinetralkan kembali oleh molekul-molekul air di udara yang bersifat polar, yakni muatan negatif penggaris pergi menuju muatan positif molekul-molekul air di udara.
- 2) Penggaris plastik yang tergantung pada seutas tali akan ditolak oleh penggaris plastik lain yang didekatkan padanya karena keduanya bermuatan sejenis, yakni keduanya bermuatan negatif.
- 3) Penggaris plastik yang tergantung pada seutas tali akan ditarik oleh batang kaca yang didekatkan padanya karena keduanya bermuatan tak sejenis, penggaris plastik menjadi bermuatan negatif, batang kaca menjadi bermuatan positif.
- 4) Daun-daun elektroskop akan mengembang bila kepala elektroskop didekati dengan plastik transparansi yang telah digosok dengan kain, karena daun-daun elektroskop akan bermuatan listrik negatif akibat induksi sehingga saling menolak. Bila plastik transparansi tersebut dijauhkan maka muatan negatif pada daun-daun elektroskop tersebut akan netral kembali, karena memuati dengan cara induksi pada dasarnya hanya pemisahan muatan-muatan negatif dan positif.
- 5) Daun-daun elektroskop akan mengembang bila kepala elektroskop disentuh dengan plastik transparansi yang telah digosok dengan kain, karena daun-daun elektroskop akan bermuatan listrik negatif akibat konduksi sehingga saling menolak. Bila plastik transparansi tersebut dijauhkan maka daun-daun elektroskop tersebut dalam beberapa saat akan tetap mengembang, karena daun-daun elektroskop masih bermuatan negatif.

- 6) Untuk menghindari kerusakan pada bangunan yang tinggi dari gambaran petir, maka pada bangunan yang tinggi tersebut dipasang penangkal petir karena penangkal petir menyediakan suatu jalan aman bagi arus listrik petir sehingga mengalir masuk ke dalam tanah dan tidak melewati bangunan tinggi tersebut.

g. Lembar Kerja

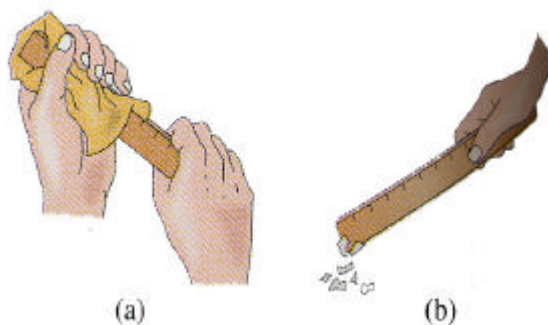
Percobaan 1

1). Alat dan Bahan

- ? 1 buah penggaris plastik baru
- ? 1 potong kain wol
- ? Potongan kertas kecil-kecil

2). Langkah Kerja

- a. Gosok-gosoklah penggaris plastik dengan kain wol.
- b. Dekatkan dengan segera penggaris plastik yang telah digosok tersebut pada potongan-potongan kecil kertas (lihat **Gambar 13**).
- c. Amati apa yang terjadi pada potongan kertas.



Gambar 13 (a) Penggaris digosok dengan kain dan (b) penggaris yang telah digosok didekatkan pada potongan-potongan kertas kecil.

3). Analisis

Prediksikan mengapa beberapa saat kemudian kertas lepas dari penggaris? Kemana muatan pergi?

Percobaan 2

1). Alat dan Bahan

- ? 2 buah penggaris plastik (usahakan relatif baru)
- ? 2 buah batang kaca
- ? 1 potong kain wol
- ? 1 potong kain sutera
- ? 1 buah statif
- ? benang

2). Prosedur

- a. Gantungkan salah satu penggaris plastik pada statif melalui seutas benang, kemudian gosoklah salah satu ujung penggaris tersebut keras-keras dengan kain wol.
- b. Sesaat kemudian, gosoklah penggaris yang lain pada salah satu ujungnya secara keras dengan kain wol, dekatkan pada ujung penggaris pertama yang telah digosok. Amati dan catatlah hasilnya pada tabel data.
- c. Dengan cara yang sama, lakukanlah untuk batang kaca yang digosok dengan kain sutera.
- d. Sekarang, gosoklah kembali salah satu ujung penggaris plastik yang telah digantungkan pada statif tersebut dengan kain wol, kemudian gosoklah salah satu ujung batang kaca dengan kain sutera dan dekatkan pada ujung penggaris bermuatan tersebut. Amati dan catatlah hasilnya pada tabel data.

3). *Data Hasil Observasi*

Buatlah tabel data sesuai dengan hasil percobaan di atas.

4). *Analisis dan kesimpulan*

Buatlah kesimpulan berdasarkan data yang anda peroleh.

Percobaan 3

1). *Alat dan Bahan*

- ? 1 buah penggaris plastik baru
- ? 1 potong kain wol
- ? 1 buah elektroskop

2). *Langkah Kerja*

- a. Gosok-gosoklah ujung penggaris plastik baru dengan kain wol.
- b. Sentuhkan ujung penggaris tersebut ke bola logam elektroskop dan lihat daun-daunnya.

3). *Analisis dan Kesimpulan*

- a. Deskripsikan hasilnya.
- b. Buatlah gambar untuk menjelaskan hasil tersebut.
- c. Sentuh bola logam elektroskop dengan tangan sehingga daun-daun elektroskop mengempis. Apakah anda menyangka bahwa kain wol dapat menggerakkan daun-daun elektroskop? Mengapa? Coba deskripsikan dan jelaskan hasilnya.

Percobaan 4

1). *Alat dan Bahan*

- ? 1 buah elektroskop
- ? 1 buah penggaris baru
- ? 1 potong kain wol

2). *Prediksi*

Mulailah dengan daun-daun elektroskop kempis. Prediksikan apa yang terjadi jika ujung penggaris plastik yang bermuatan didekatkan (tapi tidak menyentuh) pada bola logam elektroskop.

3). *Menguji Prediksi*

Ujilah prediksi Anda, dengan cara menggosok ujung penggaris dengan kain wol dan mendekatkannya (tidak menyentuh) pada bola logam elektroskop.

4). *Analisis dan Kesimpulan*

Jelaskan prediksi Anda. Gambarkan dan jelaskan hasil yang Anda peroleh.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 2, diharapkan anda dapat:

- ☞ menjelaskan hubungan antara gaya interaksi dua muatan listrik, besar muatan-muatan, dan jarak pisah kedua muatan, apabila ada dua buah benda bermuatan listrik yang diletakkan terpisah pada jarak tertentu.
- ☞ menghitung besarnya gaya interaksi dua buah benda bermuatan listrik dengan menggunakan hukum Coulomb.

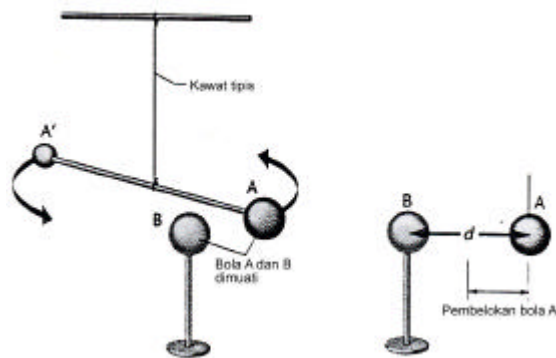
b. Uraian Materi

HUKUM COULOMB

Anda telah melihat bahwa muatan tak sejenis tarik-menarik dan muatan sejenis tolak-menolak, dengan kata lain ada gaya yang bekerja antara dua atau lebih benda yang bermuatan. Besar gaya ini bergantung pada besar muatan dan jarak antara muatan tersebut. Pada tahun 1785 seorang ahli fisika bangsa Perancis yang bernama Charles Coulomb (1736-1806) telah menyelidiki hubungan antara besaran-besaran tersebut di atas. Jenis peralatan yang digunakan oleh Coulomb tampak pada **Gambar 14**. Batang yang diisolasi dengan bola-bola konduktor kecil A dan A', digantungkan melalui kawat tipis. Bola yang sama yaitu B, ditempatkan didekat bola A. Ketika bola A dan bola B bersama-sama disentuh dengan benda yang bermuatan, maka muatan menyebar ke kedua bola (bola A dan B) secara merata. Karena kedua bola A dan B memiliki ukuran yang sama, maka kedua bola tersebut menerima muatan dengan jumlah yang sama. Simbol untuk muatan adalah q . Oleh karena itu, besarnya muatan pada bola-bola A dan B dapat disimbolkan dengan notasi q_A dan q_B . Coulomb menemukan bagaimana gaya antara kedua bola yang bermuatan, A dan B tergantung pada jarak tertentu. Pertama ia dengan hati-hati mengukur besarnya gaya yang diperlukan untuk memutar kawat yang digantung melalui sudut yang diberikan. Dia kemudian

menempatkan muatan yang sama pada bola A dan B dan mengubah jarak keduanya d , antara keduanya. Gaya menggerakkan A dari posisi diamnya, memutar kawat yang digantung. Dengan mengukur pembelokan A, Coulomb dapat menghitung gaya penolakan. Coulomb menunjukkan bahwa gaya F berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua pusat bola.

$$F_x \propto \frac{1}{d^2} \quad (1)$$



Gambar 14. Coulomb menggunakan jenis alat ini untuk mengukur gaya antara dua bola, A dan B. Ia mengamati penyimpangan A dengan menggunakan jarak antara A dan B yang bervariasi.

Untuk menyelidiki bagaimana gaya bergantung pada besarnya muatan, Coulomb harus mengubah muatan bola. Pertama-tama Coulomb memberi muatan A dan B sama seperti sebelumnya. Kemudian Coulomb menambahkan bola lain yang tidak bermuatan, dengan ukuran yang sama dengan B. Ketika bola tersebut disentuh ke bola B, maka kedua bola membagi muatan yang telah ada dengan bola B. Karena keduanya memiliki ukuran yang sama, maka bola B sekarang hanya memiliki separuh muatan semula. Oleh karena itu, muatan pada bola B hanya separuh muatan bola A. Setelah bola lain yang disentuh ke bola B tersebut dijauhkan dari bola B, maka Coulomb menemukan bahwa gaya antara A dan B menjadi separuh dari gaya antara A dan B semula (gaya antara A dan B sebelum adanya bola yang tidak bermuatan). Ia menyimpulkan bahwa besar gaya F , berbanding langsung dengan muatan-muatannya.

$$F \propto q_A q_B \quad (2)$$

Setelah melakukan pengukuran yang sama, Coulomb menyimpulkan hasilnya dalam suatu hukum yang disebut **Hukum Coulomb** : Besarnya gaya antara muatan q_A dan muatan q_B , yang dipisahkan oleh jarak d , adalah berbanding lurus dengan besarnya kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan-muatan tersebut.

$$F \propto \frac{q_A q_B}{d^2} \quad (3)$$

SATUAN MUATAN

Muatan suatu benda sangat sulit diukur secara langsung. Akan tetapi, Coulomb menunjukkan bahwa besarnya muatan dapat dikaitkan dengan besarnya gaya. Dengan demikian, ia dapat menentukan besarnya muatan yang terkait dengan besarnya gaya yang dihasilkan. Satuan muatan dalam SI adalah **coulomb** (C). Satu coulomb adalah muatan dari $6,25 \times 10^{18}$ elektron atau proton. Ingat bahwa muatan proton dan elektron adalah sama. Muatan yang dihasilkan ledakan petir besarnya sekitar 10 coulomb. Muatan pada satu elektron hanya $1,60 \times 10^{-19}$ C. Besarnya muatan suatu elektron disebut muatan elementer. Dengan demikian, benda sekecil apapun seperti uang logam pada saku anda mengandung lebih dari satu juta coulomb muatan negatif. Muatan yang dihasilkan dengan jumlah yang sangat besar ini hampir tidak ada efek eksternalnya sebab diimbangi dengan jumlah muatan positif yang sama. Akan tetapi jika muatan tidak seimbang, muatan yang kecilpun seperti 10^9 C dapat mengakibatkan gaya yang besar.

Menurut Hukum Coulomb besarnya gaya pada muatan q_A yang disebabkan oleh muatan q_B yang terpisah pada jarak d , dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = k \frac{q_A q_B}{d^2} \quad (4)$$

Tetapan k sering dinyatakan dengan konstanta lain yang disebut **permitivitas ruang hampa** ϵ_0 . Hubungan antara k dengan ϵ_0 dinyatakan

dalam persamaan: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A q_B}{d^2} \quad (5)$$

Dengan

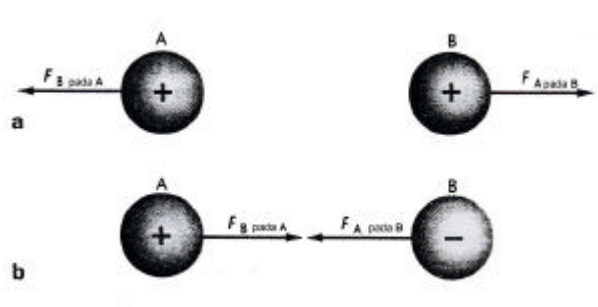
$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2.$$

Ketika muatan diukur dalam satuan coulomb, jarak diukur dalam satuan meter dan gaya dalam satuan newton, maka konstanta k dinyatakan:

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

Persamaan di atas memberi pengertian bahwa besarnya gaya pada muatan q_A menolak gaya pada q_B dan juga gaya pada muatan q_B menolak gaya pada muatan q_A . Kedua gaya sama besar, tetapi berlawanan arah. Anda dapat mengamati contoh dari Hukum Newton yang ketiga tentang gerak, yang bekerja ketika anda membawa dua lembar pita dengan muatan sejenis bersama-sama. Yang satu menolak gaya yang lain. Jika anda membawa sisir yang bermuatan mendekati pita, pita dengan masa yang kecil, bergerak dengan mudah. Percepatan sisir dan Anda tentu saja sangat kecil karena memiliki massa yang jauh lebih besar.

Gaya listrik, seperti gaya-gaya yang lain, adalah vektor. Vektor mengandung besar dan arah. Akan tetapi hukum Coulomb hanya akan menyediakan besarnya gaya. Untuk menentukan arah, Anda perlu menggambar diagram dan menginterpretasikan hubungan dengan muatan secara hati-hati. Perhatikan arah gaya pada suatu benda bermuatan positif A. Jika benda lain yang bermuatan positif B, dibawa mendekat, gaya pada A akan menolak. Gaya $F_{B \text{ pada } A}$ bekerja dengan arah dari B ke A, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 15a**. Jika sebaliknya, B bermuatan negatif, maka gaya pada A tarik-menarik dengan gaya pada B dan bergerak searah dengan arah dari A ke B seperti terlihat pada **Gambar 15b**.



Gambar 15. Kaidah untuk menentukan arah gaya, yaitu yang bermuatan sejenis tolak menolak, dan yang tidak sejenis tarik menarik.

c. Rangkuman

- Hukum Coulomb berbunyi:

Besarnya gaya antara muatan q_A dan muatan q_B , yang dipisahkan oleh jarak d , adalah berbanding lurus dengan besarnya kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan-muatan tersebut.

- Secara matematis hukum Coulomb dinyatakan dalam persamaan:

$$F = k \frac{q_A q_B}{d^2}$$

dengan k adalah suatu konstante yang besarnya $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, atau

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

- Hukum Coulomb secara matematis juga dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A q_B}{d^2}$$

Dengan ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa yang besarnya

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2.$$

d. Tugas

- 1). Dua buah muatan q_A dan q_B masing-masing besarnya $+5 \text{ } \mu\text{C}$ dan $-10 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan terpisah pada jarak 5 cm . Tentukan besar dan arah gaya pada masing-masing muatan.
- 2). Tiga buah muatan q_A , q_B , dan q_C , masing-masing terletak pada titik-titik sudut segitiga sama sisi ABC dengan panjang sisi 5 cm . Apabila muatan-muatan q_A , q_B , dan q_C masing-masing besarnya $+5 \text{ } \mu\text{C}$, $-5 \text{ } \mu\text{C}$, dan $-10 \text{ } \mu\text{C}$. Tentukan besar dan arah gaya pada muatan $-10 \text{ } \mu\text{C}$ yang berada pada titik C.

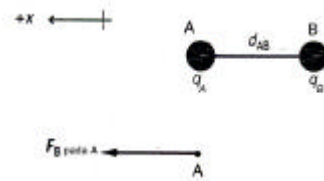
e. Tes Formatif

- 1). Dua buah muatan dipisahkan pada jarak 3 cm . Benda A memiliki muatan $+6 \text{ } \mu\text{C}$ dan benda B memiliki muatan $+3 \text{ } \mu\text{C}$. Berapa gaya pada benda A?
- 2). Sebuah bola A dengan muatan $6 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan dekat dengan dua bola bermuatan lainnya. Bola B dengan $-3 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan 4 cm di sebelah kanan bola A dan bola C dengan muatan $1,5 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan 3 cm lurus di bawah bola A. Tentukan gaya bersih pada muatan $6 \text{ } \mu\text{C}$!

f. Kunci Jawaban

1). Diketahui :

$$q_A = + 6,0 \text{ } \mu\text{C}$$
$$q_B = + 3,0 \text{ } \mu\text{C}$$
$$d_{AB} = + 0,03 \text{ m}$$



Ditanyakan

F_{AB} ?

Strategi

Gunakan hukum Coulomb. Jangan gunakan arah ketika menggunakan hukum Coulomb. Arah gaya ditentukan oleh diagram.

Perhitungan

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{d_{AB}^2}$$

$$F_{AB} = 9,0 \cdot 10^9 \text{ } \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{(6,0 \cdot 10^{-6} \text{ C})(3,0 \cdot 10^{-6} \text{ C})}{(3,0 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$F_{AB} = 1,8 \cdot 10^2 \text{ N}, \text{ arah ke kiri.}$$

2). Diketahui

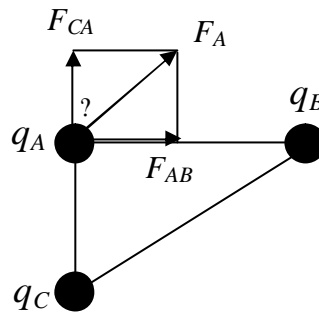
$$q_A = 6,0 \text{ } \mu\text{C}$$

$$q_B = -3,0 \text{ } \mu\text{C}$$

$$q_C = 1,5 \text{ } \mu\text{C}$$

$$d_{AB} = 0,040 \text{ m}$$

$$d_{AC} = 0,030 \text{ m}$$



Ditanyakan

$$F_{AB} = ?$$

$$F_{AC} = ?$$

$$F_{net} = ?$$

Strategi

Menggunakan hukum Coulomb. Jangan memasukkan arah ketika menggunakan hukum Coulomb (sesuai dengan strategi pemecahan masalah) arah gaya ditentukan oleh diagram. Gunakan fungsi tangen untuk mencari ?. Gunakan teori Pythagoras untuk mencari F_{net}

Perhitungan

$$F_{AB} = K \frac{q_A q_B}{d_{AB}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{m^2}{C^2} \cdot \frac{(6 \cdot 10^{-6} C)(3 \cdot 10^{-6} C)}{(4 \cdot 10^{-2} m)^2}$$

$$F_{AB} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N}, \text{ arah ke kanan}$$

$$F_{AC} = K \frac{q_A q_C}{d_{AC}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{m^2}{C^2} \cdot \frac{(6 \cdot 10^{-6} C)(1,5 \cdot 10^{-6} C)}{(3 \cdot 10^{-2} m)^2}$$

$$F_{AC} = 9 \cdot 10^1 \text{ N}, \text{ arah ke atas}$$

$$\tan \theta = \frac{F_{AC}}{F_{AB}} = \frac{9 \cdot 10^1}{1 \cdot 10^2} = 0,09 \quad \text{maka } \theta = 42^\circ$$

$$F_{net} = \sqrt{(1 \cdot 10^2)^2 + (9 \cdot 10^1)^2} = 130$$

$F_{net} = 130$, 42° di atas sumbu X

3. Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 3, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Menjelaskan hubungan antara kuat medan listrik di suatu titik, gaya interaksi, dan besar muatan yang menyebabkan medan listrik di titik tersebut.
- ☞ Menghitung kuat medan listrik di suatu titik apabila diketahui besar muatan listrik penyebab timbulnya medan di titik tersebut, dan jarak antara muatan dan titik itu.

b. Uraian Materi

MEDAN LISTRIK

Pengertian Medan Listrik

Gambar 16 menunjukkan dua buah benda yang bermuatan listrik positif, A dan B ; diantara dua benda itu terdapat gaya tolak-menolak listrik, F . Seperti halnya gaya gravitasi, gaya ini bekerja pada suatu jarak tertentu dan dialami tanpa adanya persinggungan antara A dan B . Sekarang apabila benda B tersebut diambil, maka titik di mana benda B tersebut berada dikatakan berada dalam medan listrik yang disebabkan benda bermuatan positif A . Jadi suatu titik dikatakan berada dalam medan listrik apabila suatu benda yang bermuatan listrik ditempatkan pada titik tersebut akan mengalami gaya listrik.



Gambar 19 Titik B berada di dalam daerah medan listrik yang disebabkan oleh benda bermuatan A .

KUAT MEDAN LISTRIK

Karena gaya adalah suatu besaran vektor, maka medan listrik juga suatu besaran vektor yang mempunyai besar dan arah. Apabila pada titik B ditempatkan benda bermuatan negatif, *misalnya elektron*, maka arah medan di titik A dan B menjadi sebaliknya (berlawanan dengan yang ada di gambar), yaitu tarik-menarik. Besarnya medan listrik disebut "kuat medan listrik". *Kuat medan listrik di suatu titik, E didefinisikan sebagai gaya tiap satuan muatan di titik tersebut.* Apabila gaya yang dialami muatan penguji q' yang ditempatkan pada titik tersebut adalah F , maka terdapat hubungan:

$$E = \frac{F}{q'} \quad (6)$$

atau dapat dinyatakan

$$F = q'E \quad (7)$$

Dalam Sistem Internasional (SI), gaya dinyatakan dalam satuan Newton (N), dan muatan dalam satuan coulomb (C), satuan kuat medan listrik adalah Newton per coulomb (N/C).

PERHITUNGAN KUAT MEDAN LISTRIK

Kuat medan listrik pada suatu titik dapat juga dihitung dari hukum Coulomb. Cara ini dapat dilakukan apabila besar dan kedudukan semua muatan yang menyebabkan medan diketahui. Jadi untuk mencari kuat medan listrik di titik P yang berjarak d dari sebuah muatan titik q , maka bayangkanlah di titik P tersebut ada muatan uji q' yang positif. Gaya pada q' menurut hukum Coulomb adalah:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{d^2}$$

dan kuat medan listrik pada titik P adalah:

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2} \quad (8)$$

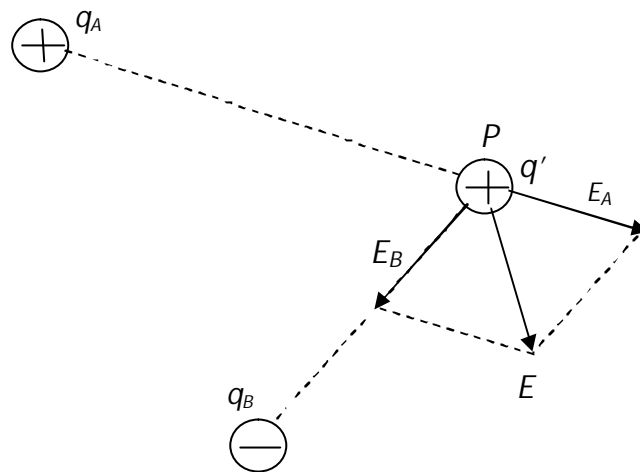
Arah medan menjauhi q , jika muatan q ini positif dan menuju q , jika muatan q negatif.

Jika sejumlah muatan titik q_A, q_B dst, berada pada jarak d_A, d_B dst terhadap suatu titik P seperti **Gambar 17**, maka kuat medan di titik P adalah jumlah vektor dari kuat medan yang disebabkan muatan q_A, q_B dst, atau jumlah vektor dari E_A, E_B dst.

$$E = E_A + E_B + \dots \quad (\text{jumlah vektor}) \quad (9)$$

atau

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{d_A^2} + \frac{q_B}{d_B^2} + \dots \right) \quad (\text{jumlah vektor}) \quad (10)$$



Gambar 17 Medan perpaduan E dititik P adalah jumlah vektor dari medan E_A dan E_B

c. Rangkuman

- o Suatu titik dikatakan berada dalam medan listrik apabila suatu benda yang bermuatan listrik ditempatkan pada titik tersebut akan mengalami gaya listrik.
- o Kuat medan listrik di suatu titik, E didefinisikan sebagai gaya tiap satuan muatan di titik tersebut.
- o Secara matematis kuat medan listrik di suatu titik dinyatakan dalam persamaan:

$$E = \frac{F}{q'}$$

Dengan F adalah gaya yang dialami oleh muatan penguji q' yang ditempatkan pada titik tersebut.

- o Jika sejumlah muatan titik q_A , q_B dst, berada pada jarak d_A , d_B dst terhadap suatu titik P , maka kuat medan di titik P adalah:

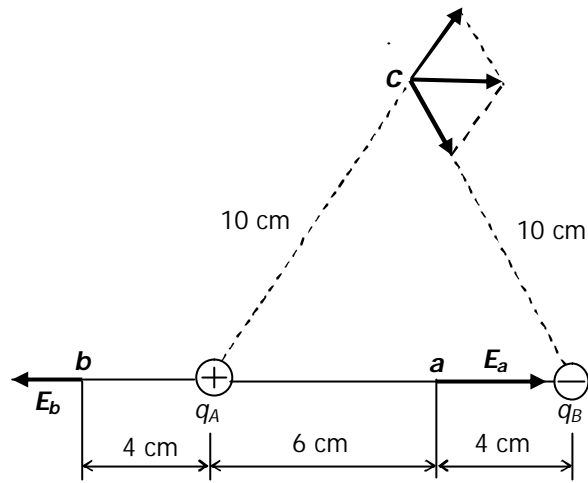
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{d_A^2} + \frac{q_B}{d_B^2} + \dots \right) \text{ (jumlah vektor)}$$

d. Tugas

- 1). Dua buah muatan q_A dan q_B masing-masing besarnya $+5 \text{ } \mu\text{C}$ dan $-10 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan terpisah pada jarak 5 cm. Tentukan besar dan arah medan listrik pada masing-masing muatan.
- 2). Tiga buah muatan q_A , q_B , dan q_C , masing-masing terletak pada titik-titik sudut segitiga sama sisi ABC dengan panjang sisi 5 cm. Apabila muatan-muatan q_A , q_B , dan q_C masing-masing besarnya $+5 \text{ } \mu\text{C}$, $-5 \text{ } \mu\text{C}$, dan $-10 \text{ } \mu\text{C}$. Tentukan besar dan arah medan listrik pada muatan $-10 \text{ } \mu\text{C}$ yang berada pada titik C.

e. Tes Formatif

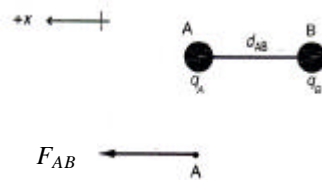
- 1). Dua buah muatan dipisahkan pada jarak 3 cm. Benda A memiliki muatan $+6 \text{ } \mu\text{C}$ dan benda B memiliki muatan $+3 \text{ } \mu\text{C}$. Berapa medan listrik pada benda A?
- 2). Sebuah bola A dengan muatan $6 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan dekat dengan dua bola bermuatan lainnya. Bola B dengan $-3 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan 4 cm di sebelah kanan bola A dan bola C dengan muatan $1,5 \text{ } \mu\text{C}$ diletakkan 3 cm lurus di bawah bola A. Tentukan medan listrik bersih pada muatan $6 \text{ } \mu\text{C}$!
- 3). Muatan-muatan q_A dan q_B yang besarnya $+12 \times 10^{-9} \text{ C}$ dan $-12 \times 10^{-9} \text{ C}$ masing-masing ditempatkan pada jarak 10 cm, seperti pada **Gambar 18**. Hitunglah kuat medan listrik karena muatan-muatan tersebut pada titik-titik a , b , dan c .



Gambar 18 Kuat medan listrik pada titik-titik a, b, dan c yang disebabkan oleh muatan positif A dan muatan negatif B

f. Kunci Jawaban

- 1). *Diketahui* :
- $q_A = + 6 \text{ ? C}$
 - $q_B = + 3 \text{ ? C}$
 - $d_{AB} = + 0,03 \text{ m}$



Ditanyakan

E_{AB} ?

Strategi

Gunakan hukum Coulomb. Jangan gunakan arah ketika menggunakan hukum Coulomb. Arah gaya ditentukan oleh diagram.

Perhitungan

$$E_{AB} = k \frac{q_B}{d_{AB}^2}$$

$$E_{AB} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2}$$

$$E_{AB} = 3 \cdot 10^5 \text{ N/C}, \text{ arah ke kiri.}$$

2). Diketahui

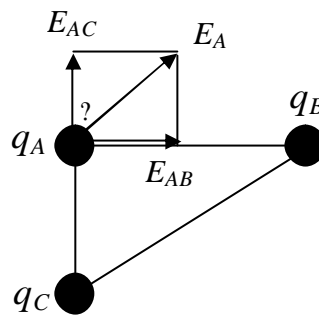
$$q_A = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_B = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_C = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$d_{AB} = 0,04 \text{ m}$$

$$d_{AC} = 0,03 \text{ m}$$



Ditanyakan

$$E_{AB} = ?$$

$$E_{AC} = ?$$

$$E_{net} = ?$$

Strategi

Menggunakan persamaan kuat medan listrik di suatu titik. Jangan memasukkan arah ketika menggunakan persamaan tersebut (sesuai dengan strategi pemecahan masalah) arah medan listrik ditentukan oleh diagram. Gunakan fungsi tangen untuk mencari θ . Gunakan teori pythagoras untuk mencari E_{net}

Perhitungan

$$E_{AB} = K \frac{q_B}{d_{AB}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2}$$

$$E_{AB} = 1,6875 \cdot 10^7 \text{ N/C}, \text{ arah ke kanan}$$

$$E_{AC} = K \frac{q_C}{d_{AC}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \cdot \frac{1,5 \cdot \text{C}}{3 \cdot 10^{-2} \text{m}}$$

$$E_{AC} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ V/m}, \text{ arah ke atas}$$

$$\tan \theta = \frac{E_{AB}}{E_{AC}} = \frac{1,6875 \cdot 10^7}{1,5 \cdot 10^7} = 1,125 \quad \text{maka } \theta = 48,37^\circ$$

$$E_{net} = \sqrt{(1,6875 \cdot 10^7)^2 + (1,5 \cdot 10^7)^2} = 2,26 \cdot 10^7 \text{ V/m}$$

$$E_{net} = 2,26 \cdot 10^7 \text{ V/m}; 48,37^\circ \text{ di atas sumbu X}$$

3). *Diketahui:*

Seperti **Gambar 18**

$$q_A = +12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_B = -12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$d_{AB} = 10 \text{ cm}$$

Ditanyakan

E_a , E_b , dan E_c ?

Strategi

Hitunglah kuat medan di tiap-tiap titik a , b , dan c yang disebabkan muatan positif q_A dan muatan negatif q_B (semua muatan diambil positif), arah medan yang disebabkan oleh tiap-tiap muatan digambarkan sesuai dengan kaidah: *muatan sejenis tolak-menolak, dan muatan yang tak sejenis tarik-menarik*. Sebagaimana penjelasan di atas, anggap di titik c ada muatan uji q' yang positif. Kuat medan di tiap-tiap titik a , b , dan c masing-masing diperoleh dengan jalan menjumlahkan secara vektor kuat medan di titik-titik tersebut yang disebabkan oleh muatan positif q_A dan muatan negatif q_B .

Perhitungan

✍ Pada titik a,

vektor karena muatan positif q_A mengarah ke kanan dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{0,06^2} = 3 \times 10^4 \text{ N/C}$$

vektor karena muatan negatif q_B juga mengarah ke kanan dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{0,04^2} = 6,75 \times 10^4 \text{ N/C}$$

Jadi, pada titik a,

$$E_A = (3 + 6,75) \times 10^4 \text{ N/C} = 9,75 \times 10^4 \text{ N/C, arah ke kanan.}$$

✍ Pada titik b,

vektor karena muatan positif q_A mengarah ke kiri dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{0,04^2} = 6,75 \times 10^4 \text{ N/C}$$

vektor karena muatan negatif q_B mengarah ke kanan dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{0,14^2} = 0,55 \times 10^4 \text{ N/C}$$

Jadi, pada titik b,

$$E_B = (6,75 - 0,55) \times 10^4 \text{ N/C} = 6,20 \times 10^4 \text{ N/C, arah ke kiri.}$$

✍ Pada titik c ,

vektor karena muatan positif q_A mengarah sesuai gambar dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{0,1^2} = 1,08 \times 10^4 \text{ N/C}$$

vektor karena muatan negatif q_B juga mengarah sesuai gambar dan besarnya ialah:

$$9 \times 10^9 \frac{12 \times 10^{-9}}{0,1^2} = 1,08 \times 10^4 \text{ N/C}$$

Jadi, pada titik c ,

Arah vektor-vektor tersebut ditunjukkan dalam gambar, dan perpaduan E_C dapat dengan mudah dihitung.

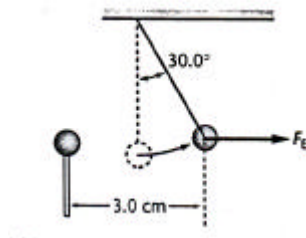
$$E_C = 1,08 \times 10^4 \text{ N/C, arah ke kanan.}$$

BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

1. Ketika suatu elektroskop bermuatan, daun-daun elektroskop membuka membentuk sudut tertentu dan tetap pada sudut tersebut. Mengapa daun-daun elektroskop tidak membuka lebih lebar?
2. Jelaskan mengapa sebuah balon yang telah digosok dengan kain wool menempel pada dinding
3. Mengapa kaos kaki yang disetrika kadang-kadang lengket dengan pakaian lain?
4. Jika anda membersihkan piringan hitam stereo dengan kain bersih, mengapa piringan hitam tersebut kemudian dapat menarik debu ?
5. Gunakan batang bermuatan dan elektroskop. Bagaimana anda dapat menentukan apakah suatu benda merupakan konduktor atau bukan?
6. Batang yang bermuatan dibawa mendekati tumpukan bola plastik kecil-kecil. Beberapa bola tertarik ke batang, tetapi setelah bola-bola menyentuh batang, mereka segera terbang lepas dengan arah yang berbeda. Jelaskan.
7. Kilat biasanya terjadi ketika muatan negatif di awan meloncat ke bumi. Jika bumi netral, apa yang menyebabkan gaya tarik, yang menarik elektron ke bumi.
8. Ledakan petir yang kuat memindahkan muatan kira-kira 25 C ke bumi.
 - a. Berapa jumlah elektron yang dipindahkan?
 - b. Jika setiap molekul air menyumbangkan satu elektron, berapa masa air yang hilang dari elektron ke kilat? satu mol air memiliki massa 18 gram.

9. Muatan positif $3 \text{ } \mu\text{C}$ ditarik oleh dua muatan negatif, yang pertama $-2 \text{ } \mu\text{C}$ terletak $0,05 \text{ m}$ di sebelah utara muatan positif dan yang lain $-4 \text{ } \mu\text{C}$ terletak $0,03 \text{ m}$ di sebelah selatannya, (a) berapakah gaya total yang bekerja pada muatan positif?, (b) Berapakah medan pada muatan $-2 \text{ } \mu\text{C}$?
10. Dua bola inti pada **Gambar 19** memiliki muatan yang sama dan masing-masing memiliki massa 1 gram . Satu bola inti digantung dengan benang, sedang bola yang lain terletak 3 cm dari bola yang digantung. Apabila bola yang digantung berada dalam kesetimbangan antara gaya elektrostatis F_E , gaya gravitasi F_G dan gaya tegang tali F_T ketika membentuk sudut 30° dengan garis vertikal, maka hitunglah besarnya:
- F_G
 - F_E
 - Muatan pada kedua bola, q
 - Medan dan arahnya pada muatan yang digantung, E .



Gambar 19

B. Tes Praktik

1. Dengan menggunakan alat dan bahan:

- ? 2 buah penggaris plastik (usahakan relatif baru)
- ? 2 buah batang kaca
- ? 1 potong kain wol
- ? 1 potong kain sutera
- ? 1 buah statif
- ? benang

lakukanlah suatu percobaan untuk memperoleh kesimpulan: muatan yang sejenis tolak-menolak dan muatan yang tak sejenis tarik-menarik.

2. Dengan menggunakan alat dan bahan:

- ? 1 buah penggaris plastik baru
- ? 1 potong kain wol
- ? 1 buah elektroskop

lakukanlah suatu percobaan memuati elektroskop dengan cara konduksi dan induksi. Gejala apakah yang dihasilkan dari percobaan tersebut? apa yang terjadi apabila penggaris yang telah bermuatan tersebut dijauhkan?

Kunci Jawaban

a. Tes Tertulis

1. Daun-daun elektroskop tidak membuka lebih lebar karena pada daun-daun elektroskop tersebut tidak ada tambahan muatan yang diberikan. Daun-daun elektroskop akan membuka lebih lebar hanya jika muatan pada daun-daun tersebut bertambah.
2. Balon yang telah digosok dengan kain wol akan menjadi bermuatan negatif yang bersifat menarik benda-benda kecil dan ringan. Karena balon sangat ringan maka balon tersebut menempel pada dinding.
3. Kaos kaki yang disetrika menjadi bermuatan listrik dan karena kaos kaki ringan maka kaos kaki menempel (lengket) pada pakaian lain.
4. Karena piringan hitam stereo yang telah digosok dengan kain bersih menjadi bermuatan listrik dan bersifat menarik benda-benda yang kecil dan ringan.
5. Dengan batang bermuatan dan elektroskop kita dapat menentukan apakah suatu benda merupakan konduktor atau bukan, dengan cara menyentuhkan batang bermuatan ke benda kemudian benda yang sudah disentuh batang bermuatan tersebut selanjutnya disentuhkan ke kepala elektroskop. Apabila daun-daun elektroskop mengembang, maka bahan tersebut adalah konduktor, namun jika daun-daun elektroskop tidak mengembang berarti bahan tersebut isolator.

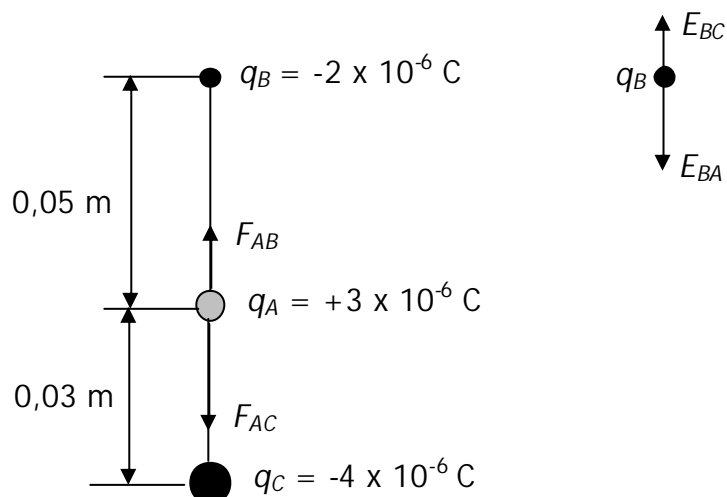
6. Batang yang bermuatan dibawa mendekat pada tumpukan bola plastik kecil-kecil. Beberapa bola tertarik ke batang, tetapi setelah bola-bola menyentuh batang, mereka segera terbang lepas dengan arah yang berbeda karena bola-bola yang menyentuh batang tersebut menjadi bermuatan karena konduksi, karena muatan bola-bola tersebut sama maka bola-bola saling menolak pada arah yang berlawanan.
7. Kilat biasanya terjadi ketika muatan negatif di awan meloncat ke bumi. Jika bumi netral, maka yang menyebabkan gaya tarik, yang menarik elektron ke bumi adalah gaya elektrostatis.
8. Ledakan petir yang kuat memindahkan muatan kira-kira 25 C ke Bumi
- a. Jumlah elektron yang dipindahkan adalah:

$$\frac{25}{1,6 \times 10^{-19}} \approx 1,56 \times 10^{20} \text{ electron}$$

- b. Jika setiap molekul air menyumbangkan satu elektron, maka masa air yang hilang dari elektron ke kilat (satu mol air memiliki massa 18 gram) adalah:

$$1,56 \times 10^{20} \times 18 \times 10^{-23} \approx 2,8 \times 10^{18} \text{ Kg.}$$

9. *Diketahui:* seperti gambar di bawah.



Ditanyakan:

(a) F_A ? dan (b) E_B ?

Jawab:

(a) Perhitungan gaya total pada A

$$\cancel{\times} F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{d_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0,05^2} = 21,6 \text{ N, arah ke Utara}$$

$$\cancel{\times} F_{AC} = k \frac{q_A q_C}{d_{AC}^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{0,03^2} = 120 \text{ N, arah ke Selatan}$$

$$\cancel{\times} F_A = F_{AC} - F_{AB} = 98,4 \text{ N, arah ke Selatan}$$

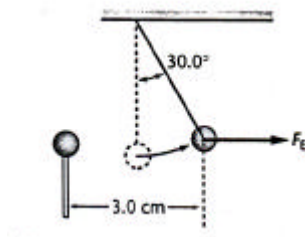
(b) Perhitungan medan pada B

$$\cancel{\times} E_{BA} = k \frac{q_A}{d_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{0,05^2} = 10,800 \times 10^6 \text{ N/C, arah ke Selatan}$$

$$\cancel{\times} E_{BC} = k \frac{q_C}{d_{CB}^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{0,08^2} = 5,625 \times 10^6 \text{ N/C, arah ke Utara}$$

$$\cancel{\times} E_B = F_{BA} - F_{BC} = 5,175 \times 10^6 \text{ N/C, arah ke Selatan}$$

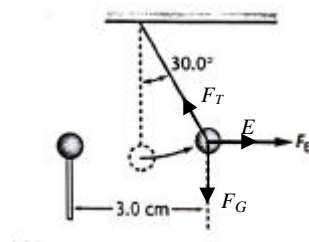
10. Diketahui: seperti gambar di bawah.



Ditanyakan:

- F_G ?
- F_E ?
- Muatan pada kedua bola, q ?
- Medan pada muatan yang digantung, E ?

Jawab:



a. Perhitungan besarnya gaya gravitasi F_G

$$F_G = m \times g = 0,1 \times 9,8 = 0,98 \text{ N}$$

b. Perhitungan besarnya gaya elektrostatik, F_E

$$F_T \cos 30^\circ - F_G = 0$$

$$F_T \cos 30^\circ - 0,98 = 0$$

$$F_T \times 0,866 = 0,98$$

$$F_T = 1,13 \text{ N}$$

$$F_T \sin 30^\circ - F_E = 0$$

$$F_T \sin 30^\circ - F_E = 0$$

$$1,13 \times 0,5 = F_E$$

$$F_E = 0,565 \text{ N}$$

c. Perhitungan muatan pada kedua bola, q

$$\cancel{\times} F_E = k \frac{qq}{d^2}$$

$$0,565 = 9 \times 10^9 \frac{qq}{0,03^2}$$

$$qq = 5,65 \times 10^{-14}$$

$$q = 0,238 \text{ ?C.}$$

d. Perhitungan medan pada muatan yang digantung, E

$$\cancel{\times} E = \frac{F_E}{q} = \frac{0,565}{0,238 \times 10^{-6}} = 2,37 \times 10^6 \text{ N/C, searah dengan arah } F_E$$

(ke kanan).

LEMBAR PENILAIAN TES PRATIK

Nama Peserta :
 No. Induk :
 Program Keahlian :
 Nama Jenis Pekerjaan :

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
I	Perencanaan			
	1.1.Persiapan alat dan bahan	2		
	1.2.Analisis model susunan	3		
	Sub total	5		
II	Model Susunan			
	2.1.Penyiapan model susunan	3		
	2.2.Penentuan data instruksi pd model	2		
	Sub total	5		
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)			
	3.1.Prosedur pengambilan data	25		
	3.2.Cara menyusun tabel pengamatan	20		
	Sub total	45		
IV	Kualitas Produk Kerja			
	4.1.Hasil analisis dan kesimpulan	15		
	4.2.Ketepatan waktu	10		
	Sub total	25		
V	Sikap / Etos Kerja			
	5.1.Tanggung jawab	3		
	5.2.Ketelitian	2		
	5.3.Inisiatif	3		
	5.4.Kemadirian	2		
	Sub total	10		
VI	Laporan			
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	6		
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	4		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriteria penilaian	Skor
1	2	3	4
I	Perencanaan 1.1.Persiapan alat dan bahan 1.2.Analisis model susunan	? Alat dan bahan disiapkan sesuai kebutuhan ? Merencanakan menyusun model	2 3
II	Model Susunan 2.1.Penyiapan model susunan 2.2.Penentuan data instruksi pd model	? Model disiapkan sesuai dengan ketentuan ? Model susunan dilengkapi dengan instruksi penyusunan	3 2
III	Proses (Sistematika & Cara kerja) 3.1.Prosedur pengambilan data	1. Melakukan percobaan dan mengamati gejala yang terjadi bila salah satu ujung penggaris plastik yang telah digosok dengan kain wol didekatkan ke salah satu ujung penggaris plastik lain yang telah digosok dengan kain wol dan tergantung pada seutas tali. 2. Melakukan percobaan dan mengamati gejala yang terjadi bila salah satu ujung batang kaca yang telah digosok dengan kain sutera didekatkan ke salah satu ujung penggaris plastik yang telah digosok dengan kain wol dan tergantung pada seutas tali. 3. Melakukan percobaan dan mengamati gejala yang terjadi bila salah satu ujung batang kaca yang telah digosok dengan kain sutera didekatkan ke salah satu ujung batang kaca lain yang telah digosok dengan kain sutera dan tergantung pada seutas tali.	25

	3.2.Cara menyusun tabel pengamatan		20									
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Penggaris plastik</td> <td>Batang kaca</td> </tr> <tr> <td>Penggaris plastik</td> <td>tolak-menolak</td> <td>tarik-menarik</td> </tr> <tr> <td>Batang kaca</td> <td>tarik-menarik</td> <td>tolak me-</td> </tr> </table>		Penggaris plastik	Batang kaca	Penggaris plastik	tolak-menolak	tarik-menarik	Batang kaca	tarik-menarik	tolak me-		
	Penggaris plastik	Batang kaca										
Penggaris plastik	tolak-menolak	tarik-menarik										
Batang kaca	tarik-menarik	tolak me-										
IV	Kualitas Produk Kerja											
	4.1. Analisis dan Kesimpulan	4.1.Muatan yang sejenis (misal, muatan positif dan positif, atau negatif dengan negatif) tolak-menolak, dan muatan yang tak sejenis (misal, muatan negatif dengan positif) tarik-menarik	15									
	4.2. Ketepatan waktu	4.2.Pekerjaan diselesaikan tepat waktu	10									
V	Sikap / Etos Kerja											
	5.1.Tanggung jawab	5.1.Membereskan kembali alat dan bahan setelah digunakan	3									
	5.2.Ketelitian	5.2.Tidak banyak melakukan kesalahan	2									
	5.3.Inisiatif	5.3.Memiliki inisiatif bekerja yang baik	3									
	5.4.Kemadirian	5.4.Bekerja tidak banyak diperintah	2									
VI	Laporan											
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	6.1.Laporan disusun sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan	6									
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	6.2.Melampirkan bukti fisik	4									

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah guru/instruktur anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Giancoli, Douglas C. (1998). **Physics**. Fifth Edition. New Jersey : Prentice Hall.

Halliday, D., dan Resnick, R. (1986). **Physics**. Terjemahan: Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta : Erlangga.

Paul W. Zitzewitz, et al. (1995). **Physics**. Teacher Wraparound Edition. New York : Glencoe/McGraw-Hill.

Paul W. Zitzewitz, et al. (1999). **Physics**. Teacher Wraparound Edition. New York : Glencoe/McGraw-Hill.