

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS  
ANALOGI KONSEP PADA MATERI POKOK  
LISTRIK STATIS UNTUK SISWA SMA/MA**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagai persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Pendidikan Fisika



diajukan oleh:

**Nurdiana**

**08690041**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2013**



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2622/2013

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Telah dimunaqasyahkan pada : 30 Juli 2013

Nilai Munaqasyah : A

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Nita Handayani, M.Si  
NIP.19820126 200801 2 008

Penguji I

Joko Purwanto, M.Sc  
NIP.19820306 200912 1 002

Penguji II

Ika Kartika, M.Pd.Si.  
NIP. 19800415 200912 2 001

Yogyakarta, 03 September 2013

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D  
NIP. 19580919 198603 1 002



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal :

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

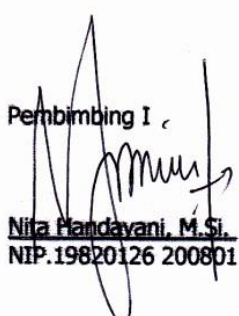
Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

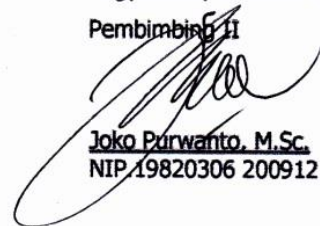
*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Pembimbing I

  
Nifa Handayani, M.Si.  
NIP.19820126 200801 2 008

Yogyakarta, 15 Juli 2013

Pembimbing II

  
Joko Purwanto, M.Sc.  
NIP.19820306 200912 1 002

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Program Studi : Pendidikan Fisika

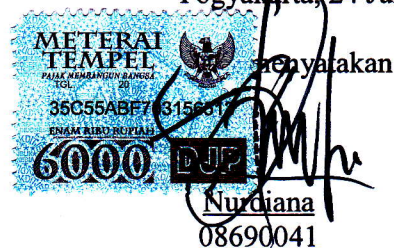
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

**“PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS ANALOGI KONSEP  
PADA MATERI POKOK LISTRIK STATIS UNTUK SISWA SMA/MA”**

Adalah hasil penelitian saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Juni 2013





## MOTTO

تَعَلَّمُوا الْعِلْمَ ، فَإِنَّ تَعَلُّمَهُ قُرْبَةٌ إِلَى اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ ، وَتَعْلِيمُهُ لِمَنْ لَا يَعْلَمُهُ صَدَقَةٌ ، وَإِنَّ الْعِلْمَ  
لَيَنْزِلُ بِصَاحِبِهِ فِي مَوْضِعِ الشَّرَفِ وَالرَّفْعَةِ ، وَالْعِلْمُ زِينٌ لِأَهْلِهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ .  
(الربيع)

Tutntutlah ilmu,sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah Azza wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat.” (HR. Ar-Rabii’)

## **PERSEMBAHAN**

Seiring rasa syukur yang tak terhingga kepada Allah swt,  
kupersembahkan karya sederhanaku ini teruntuk:

Ibunda (Hj. Yuhanah) dan Ayahanda (H. Dodo Suryadi) tercinta

Kakakku satu-satunya Aas Sumarya, M.Pd.

serta

Rekan-rekan asrama Galuh & Keluarga Pelajar Mahasiswa “Galuh  
Rahayu” Ciamis-Yogyakarta

Teman-teman seperjuangan prodi pendidikan fisika '08

Almamaterku tercinta, Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan  
Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA”.

Penulisan skripsi ini tidakkah mungkin akan menjadi sebuah karya ilmiah tanpa adanya bimbingan, fasilitas, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah ikut serta baik langsung maupun tidak langsung dalam usaha menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ibunda, Ayahanda, kakak dan seluruh keluarga tercinta atas segala bantuan baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Joko Purwanto, M.Sc selaku Ketua Prodi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan Pembimbing II, yang telah menyetujui atas permohonan izin penyusunan skripsi ini serta memberikan segenap pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Nita Handayani, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing I, terima kasih atas kesedian waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan

pengarahan, bimbingan, semangat, dan ilmu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Dosen Validator dan tim penilai yang telah memberikan kritik dan saran guna kepentingan penelitian.
6. Bapak dan Ibu dosen, segenap karyawan serta seluruh civitas Fakultas Sains dan Teknologi yang telah mendidik dan membantu penulis dalam proses pembelajaran baik akademik maupun non akademik.
7. Kepala Sekolah dan keluarga besar SMA Negeri 3 Banjar terima kasih telah memberikan izin serta mendukung proses penelitian.
8. Rekan-rekan Pendidikan Fisika terima kasih atas inspirasi dan semangatnya.
9. Teman-teman asrama Galuh serta Keluarga Pelajar Mahasiswa “Galuh Rahayu” Ciamis-Yogyakarta terima kasih atas do’a dan dukungannya.
10. Teruntuk seseorang yang telah sabar mendampingi penulis sampai detik ini.
11. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini, terima kasih semuanya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna oleh karena itu kritik dan saran yang membangun penulis harapkan guna perbaikan selanjutnya. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan dunia pendidikan pada umumnya. Amiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 25 Juni 2013

Penulis

Nurdiana  
08690041



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Spesifikasi Produk .....	6
G. Manfaat Pengembangan .....	7

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	7
I. Definisi Istilah .....	8
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Kajian Teori.....	9
1. Pengertian dan peranan Analogi.....	9
2. Modul .....	13
3. Listrik Statis.....	18
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	43
C. Kerangka Berpikir .....	45
<b>BAB III METODE PENGEMBANGAN</b>	
A. Model Pengembangan .....	47
B. Prosedur Pengembangan .....	47
C. Uji Coba Produk.....	49
1. Desain Uji Coba .....	49
2. Subjek Uji Coba .....	49
3. Jenis Data.....	51
4. Instrumen Pengumpulan Data .....	51
5. Teknik Analisis Data .....	52
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN</b>	
A. Data Uji Coba .....	55
B. Analisa Data .....	68
C. Kajian Produk Akhir.....	74

**BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan.....	83
B. Saran.....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	85
<b>LAMPIRAN</b> .....	87



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemetaan Analogi yang Akan Dikembangkan .....	43
Tabel 3.1 Kriteria Kategori Penilaian Produk.....	53
Tabel 3.2 Kriteria Kategori Respon Siswa.....	54
Tabel 4.1 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul oleh Ahli Materi .....	57
Tabel 4.2 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul oleh Ahli Media.....	59
Tabel 4.3 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul oleh Guru Fisika.....	61
Tabel 4.4 Data Respon Siswa dalam Uji Coba Lapangan Skala Kecil .....	64
Tabel 4.5 Data Respon Siswa dalam Uji Coba Lapangan Skala Besar .....	66
Tabel 4.6 Urutan Pembelajaran Tema Resistor, Gaya Gravitasi dan Listrik Statis dalam Silabus Fisika SMA/MA.....	74
Tabel 4.7 Atribut Analogi Massa dengan Muatan .....	77
Tabel 4.8 Atribut Analogi Gaya Gravitasi dengan Gaya Listrik .....	78
Tabel 4.9 Atribut Analogi Medan Gravitasi dengan Medan Listrik .....	79
Tabel 4.10 Atribut Analogi energi potensial listrik dengan energi potensial Listrik.....	80
Tabel 4.11 Atribut Analogi Resistor dengan Kapasitor .....	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Elektrifikasi.....	19
Gambar 2.2 Interaksi Muatan.....	21
Gambar 2.3 Struktur Atom Sederhana .....	22
Gambar 2.4 Neraca Puntir Coulomb.....	24
Gambar 2.5 Interaksi Dua Muatan .....	24
Gambar 2.6 Suatu Muatan Uji $q_0$ Disekitar Suatu Sistem Muatan.....	26
Gambar 2.7 Garis-garis Medan Listrik yang Menembus Tegak Lurus Suatu Bidang .....	29
Gambar 2.8 Medan Listrik antara Dua Keping Sejajar.....	30
Gambar 2.9 Medan Listrik pada Konduktor Bola Berongga dengan Jari-jari $R$ .....	31
Gambar 2.10 Muatan uji $q_0$ Bepindah dari Posisi 1 ke Posisi 2 .....	32
Gambar 2.11 Simbol Kapasitor.....	35
Gambar 2.12 Kapasitor Keping Sejajar .....	36
Gambar 2.13 Tiga Kapasitor Disambung Seri .....	38
Gambar 2.14 Tiga Kapasitor Disambung Paralel .....	39
Gambar 2.15 Efek Sebuah Dielektrik diantara Pelat-pelat Sebuah Kapasitor Pelat Sejajar.....	41
Gambar 2.16 Alur Kerangka Berfikir .....	46
Gambar 3.1 Skema Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep.....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Grafik Skor Rata-rata Penilaian Ahli Materi.....	57
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penilaian Ahli Materi.....	58
Gambar 4.3 Grafik Skor Rata-rata Penilaian Ahli Media.....	60
Gambar 4.4 Grafik Persentase Penilaian Ahli Media.....	60
Gambar 4.5 Grafik Skor Rata-rata Penilaian Guru Fisika.....	62
Gambar 4.6 Grafik Skor Rata-rata Penilaian Guru Fisika.....	62
Gambar 4.7 Grafik Skor Rata-rata Respon Siswa pada Uji Coba Lapangan Skala Kecil.....	64
Gambar 4.8 Grafik Persentase Respon Siswa pada Uji Coba Lapangan Skala Kecil.....	65
Gambar 4.9 Grafik Skor Rata-rata Respon Siswa pada Uji Coba Lapangan Skala Besar.....	67
Gambar 4.10 Grafik Persentase Respon Siswa pada Uji Coba Lapangan Skala Besar.....	67
Gambar 4.11 Perbandingan Penilaian dari Tim Penilai.....	71
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Respon Siswa Tiap Aspek.....	73
Gambar 4.13 Tampilan Akhir Cover Modul.....	75
Gambar 4.14 Tampilan Akhir Peta Konsep Modul.....	76
Gambar 4.15 Tampilan Akhir Isi Modul.....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Nama Validator dan Penilai Produk .....	87
Lampiran 2 Keterangan Validasi Instrumen .....	89
Lampiran 3 Keterangan Validasi Produk.....	90
Lampiran 4 Kisi-kisi Instrumen Penelitian .....	92
Lampiran 5 Lembar Penilaian Ahli Materi .....	93
Lampiran 6 Surat Pernyataan Ahli Materi .....	97
Lampiran 7 Lembar Masukan Ahli Materi .....	99
Lampiran 8 Lembar Penilaian Ahli Media .....	101
Lampiran 9 Surat Pernyataan Ahli Media.....	105
Lampiran 10 Lembar Masukan Ahli Media.....	107
Lampiran 11 Lembar Penilaian Guru Fisika.....	108
Lampiran 12 Surat Pernyataan Guru Fisika.....	114
Lampiran 13 Lembar Masukan Guru Fisika .....	117
Lampiran 14 Kisi-kisi Lembar Respon Siswa .....	120
Lampiran 15 Daftar Nama Responden.....	121
Lampiran 16 Lembar Respon Siswa .....	122
Lampiran 17 Tabulasi Kualitas Modul Tim Penilai.....	131
Lampiran 18 Tabulasi Uji Coba Lapangan Skala Kecil.....	139
Lampiran 19 Tabulasi Uji Coba Lapangan Skala Besar .....	140
Lampiran 20 Surat Bukti Penelitian.....	142
Lampiran 21 Produk Akhir Modul.....	143

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS  
ANALOGI KONSEP PADA MATERI POKOK  
LISTRIK STATIS UNTUK SISWA SMA/MA**

**Nurdiana  
08690041**

**INTISARI**

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis, (2) mengetahui kualitas modul fisika berbasis analogi konsep menurut penilaian dari ahli materi, ahli media dan guru fisika SMA/MA, (3) mengetahui respon siswa terhadap modul fisika berbasis analogi konsep.

Penelitian ini merupakan penelitian *R&D* dengan model prosedural yang mengadaptasi dari prosedur penelitian pengembangan menurut Borg dan Gall yang telah disederhanakan oleh Tim Puslitjaknov yakni melibatkan 5 langkah utama yaitu 1) melakukan analisis produk yang akan dikembangkan, 2) mengembangkan produk awal, 3) validasi ahli dan revisi, 4) uji coba lapangan skala kecil, dan revisi produk, 5) uji coba lapangan skala besar dan produk akhir. Instrumen penelitian berupa angket penilaian kualitas modul yaitu menggunakan skala Likert yang dibuat dalam bentuk *checklist*. Instrumen untuk siswa berupa angket respon siswa yaitu menggunakan skala Guttman yang dibuat dalam bentuk *checklist*. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif.

Hasil penelitian ini: (1) dihasilkan sebuah modul fisika berbasis analogi konsep untuk siswa SMA/MA; (2) kualitas modul fisika berbasis analogi konsep menurut ahli materi, ahli media, dan guru fisika memiliki kategori sangat baik (SB) dengan persentase keidealan masing-masing sebesar 85,16%; 91,96% dan 91,15%; (3) respon siswa terhadap modul fisika berbasis analogi konsep pada uji lapangan skala kecil diperoleh persentase 85,71% dari skor ideal, sedangkan pada uji lapangan skala besar diperoleh persentase 91,90% dari skor ideal.

**Kata kunci:** Modul Fisika, analogi konsep, listrik statis.



# **DEVELOPMENT OF PHYSICS MODULE BASED ANALOGY CONCEPTS TO MAIN TOPIC STATIC ELECTRICITY FOR SENIOR HIGH SCHOOL**

**Nurdiana**  
**08690041**

## **ABSTRACT**

This research aims to know: (1) develop the module based analogy concepts to main topic static electricity for senior high school, (2) know the quality of physics module based analogy concepts according to matter experts, media specialists and physics Senior High School teachers, (3) as well as the response of students to the physics module based analogy concepts.

Integrated Science is the study or the development of Research and Development (R & D) procedural models, the model is descriptive, showing the steps to be followed to produce the product. The procedure follows the development of Borg and Gall procedures that can be done more simply by involving five major steps: 1) to analyze the product to be developed; 2) develop the initial product, 3) validation of the expert and revision, 4) small-scale field trials and revision of the product; 5) large-scale field trials and the final product. The research instrument are module questionnaire evaluation quality, it is using by scale Likert and it made form by checklist. The instrument for students are response questionnaire, it is using by scale Guttman and it made form by checklist. Technique of data analysis in this research is using descriptive.

Results of research: (1) physics module based analogy concepts to main topic static electricity for senior high school; (2) module based assessment matter experts, media specialists and Senior High School teachers module based analogy concepts has developed a very good quality with percentage score 85,16% of the ideal (matter experts), 91,96% of the ideal score (media expert ), and 91,15% of the ideal score (Senior High School teachers); (3) the students' responses on a small scale field trials and largescale field trials get positive response with a percentage score of 78.75% of the ideal in small-scale field trials and 81.17% of the ideal score on a scale field trials great.

**Key words:** Physics module, analogy consepts, static electricity.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Fisika adalah ilmu yang mempelajari fenomena-fenomena alam sehingga merupakan dasar dari ilmu pengetahuan. Ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu memanfaatkan konsep-konsep fisika. Fisika juga merupakan dasar dari semua ilmu rekayasa dan teknologi. Kajian ilmu fisika secara mendalam bermanfaat untuk menghasilkan suatu inovasi atau menyempurnakan penemuan yang telah ada sebelumnya, sehingga fisika sangat menarik dan menantang untuk dipelajari. Sears dan Zemansky (2002) menyatakan:

Mempelajari fisika merupakan suatu petualangan. Anda akan menemukan bahwa ilmu ini begitu menantang, kadang-kadang membuat frustrasi, sewaktu-waktu menyakitkan, dan seringkali bermanfaat dan memberikan kepuasan batin.

Listrik magnet merupakan salah satu bagian teori-teori dasar yang dipelajari dalam kajian ilmu fisika. Materi tersebut memiliki peran penting dalam kehidupan manusia. Setiap aktivitas manusia mulai dari kehidupan rumah tangga hingga sektor industri tidak dapat dipisahkan dari peran serta listrik-magnet. Karena itu pemahaman konsep listrik magnet sangat penting dibekalkan kepada setiap orang sejak dini. Untuk pendidikan formal di Indonesia materi listrik magnet telah diberikan sejak pendidikan dasar (SD dan SMP). Pada tingkatan sekolah menengah atas dan perguruan tinggi materi listrik-magnet memiliki tingkat kesukaran yang relatif tinggi, hal ini

karena karakter konsep listrik magnet yang kompleks dan abstrak. Hasil penelitian di berbagai negara menunjukkan bahwa mayoritas pelajar dan mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep listrik magnet (Demirci & Cirkinoglu, 2004 ; Engelhardt & Beichner, 2004 ; Guisasola, Almudi & Zubimendi ; 2004 ; planinic, 2006 ; singh, 2010). Berdasarkan hasil observasi awal terhadap SMA Negeri 3 Banjar mendapatkan indikasi yang sama seperti beberapa hasil penelitian di atas yakni materi listrik statis yang merupakan bagian dari materi listrik magnet sukar untuk dipahami oleh siswa. Hal tersebut terlihat dari sedikitnya siswa yang mencapai standar ketuntasan minimal yang telah ditetapkan oleh sekolah yakni sebesar 65. Untuk mengantisipasi kurangnya pemahaman siswa mengenai konsep-konsep listrik statis maka harus segera dicarikan solusinya. Permasalahan tersebut berkaitan erat dengan materi listrik statis itu sendiri, serta penggunaan sumber dan media pembelajaran.

Kegiatan belajar mengajar adalah proses komunikasi, yaitu proses penyampaian pesan dari guru ke siswa melalui media tertentu. Kegagalan dalam pembelajaran dapat terjadi jika proses tersebut tidak berjalan dengan baik. (Saad, 2010: 87) dalam jurnalnya mengemukakan:

Salah satu faktor kegagalan pembelajaran adalah adanya berbagai jenis hambatan dalam proses komunikasi antara siswa dan guru karena variasi dalam pengajaran serta jarang digunakan alat bantu yang dapat memperjelas pemahaman siswa tentang materi yang dipelajari.

Pengembangan bahan ajar dipandang sebagai solusi bagi kurangnya pemahaman siswa terhadap konsep listrik statis sebagai alat bantu bagi konstruksi pengetahuan (*sensemaking guide*). Bahan ajar

merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pendidikan di sekolah. Salah satu jenis bahan ajar yaitu modul. Modul merupakan sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Melalui modul, guru akan lebih mudah dalam melaksanakan pembelajaran dan siswa akan lebih terbantu serta mudah dalam belajar.

Berkaitan dengan konsep listrik statis yang abstrak, alangkah baiknya didukung dengan sarana yang memadai untuk melakukan eksperimen dalam mempermudah pemahaman peserta didik. Namun hal ini tidak terjadi karena masih banyak sekolah yang belum bisa menyediakan sarana tersebut. Maka dari itu perlu suatu cara atau pendekatan yang tepat dalam membantu peserta didik dalam menggunakan sumber (*resource*) yang dimiliki untuk mengatasi masalah di atas. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mempelajari konsep yang abstrak adalah dengan menggunakan analogi (Chiu & Lin, 2005: 429; Olive, 2005: 11).

Fisikawan atau guru fisika seringkali menggunakan analogi pada saat berkomunikasi dengan *audiens* non-fisikawan ataupun dengan para siswa untuk menyampaikan konsep-konsep fisika yang berada di luar jangkauan persepsi indera seperti misalnya arus listrik yang dianalogikan dengan aliran air. Analogi seperti ini dimaksudkan agar konsep-konsep fisika dapat diterima dan mudah diingat.

Peran penting analogi sebagai metode alternatif pengajaran untuk mencari terobosan baru dalam proses pembelajaran sains mensyaratkan adanya kemiripan alur berpikir antara materi ajar yang sudah dimengerti

sebelumnya oleh siswa dan materi ajar baru yang sedang dipelajari (Duit, 1991: 649; Glynn, 1995: 27 ). Kurniasih dkk (2009: 78) menegaskan bahwa kemiripan alur berpikir dalam pelajaran fisika mencakup kronologi penalaran dan perangkat matematik yang digunakan untuk mendeskripsikan fenomena fisis yang sedang dipelajari. Agar analogi berjalan dengan efektif, maka diperlukan konsep rujukan, yaitu konsep fisika yang sudah diajarkan dan dipahami dengan baik oleh siswa. Konsep rujukan tersebut kemudian dikembangkan untuk menjelaskan konsep target, yaitu konsep fisika materi ajar baru. Perbandingan yang menyeluruh antara kedua konsep tersebut dapat memperluas cakrawala berpikir baik guru maupun siswa, dan mencegah terjadinya miskonsepsi dengan jalan mempertahankan prakonsepsi yang benar atau mengubah peta konsep berpikir siswa dari prakonsepsi yang salah menuju konsep yang benar sesuai teori yang berlaku untuk satu materi ajar tertentu.

Bagi para guru sains, metode ini dapat digunakan untuk mengembangkan kreasi dan inovasi pembelajaran sains dalam arti sesungguhnya. Selain itu, metode ini bermanfaat untuk melatih keterampilan berpikir siswa seperti misalnya berpikir kritis, logis, dan analitis sebagai bagian dari pendidikan karakter.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian pengembangan bahan ajar dengan judul “PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS ANALOGI KONSEP PADA MATERI POKOK LISTRIK STATIS UNTUK SISWA SMA/MA”. Diharapkan penelitian ini dapat membantu proses pembelajaran fisika dan memiliki kontribusi terhadap dunia pendidikan.



## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dituliskan di atas, teridentifikasi beberapa masalah sebagai dasar penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. Siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi listrik statis dikarenakan karakter konsep listrik statis yang kompleks dan abstrak.
2. Sedikitnya siswa mencapai standar ketuntasan minimal yang telah ditetapkan oleh sekolah.
3. Pada konsep listrik statis yang abstrak tidak semua kajian dapat dipelajari melalui eksperimen dikarenakan terbatasnya sarana pendukung.
4. Kurangnya variasi dalam pengajaran serta jarang digunakan alat bantu baik media maupun bahan ajar yang dapat memperjelas pemahaman siswa tentang materi yang dipelajari.

## **C. Batasan Masalah**

1. Materi yang disajikan pada modul dibatasi pada materi pokok listrik statis untuk siswa kelas XII semester 1.
2. Bahan ajar yang dikembangkan berupa modul fisika untuk siswa SMA/MA berbasis analogi konsep.

## **D. Rumusan Masalah**

Masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Modul fisika berbasis analogi konsep seperti apakah yang harus dikembangkan sebagai penunjang pembelajaran untuk siswa SMA/MA?

2. Bagaimanakah kualitas modul fisika berbasis analogi konsep menurut penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika SMA/MA?
3. Bagaimanakah respon siswa terhadap modul fisika berbasis analogi konsep?

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengembangkan modul fisika berbasis analogi konsep sebagai media pembelajaran untuk siswa SMA/MA.
2. Mengetahui kualitas modul fisika berbasis analogi konsep menurut penilaian dari ahli materi, ahli media dan guru fisika SMA/MA.
3. Mengetahui respon siswa terhadap modul fisika berbasis analogi konsep.

#### **F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan**

Produk yang dihasilkan dalam pengembangan ini adalah produk berupa modul dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Modul fisika berbasis analogi konsep ditujukan untuk siswa SMA/MA kelas XII dengan materi pokok listrik statis.
2. Modul yang dikembangkan mengambil materi pokok listrik statis dengan disajikan menggunakan pendekatan analogi konsep.
3. Bagian-bagian pada modul fisika berbasis analogi konsep antara lain:
  - a. Halaman muka/ cover
  - b. Kata pengantar
  - c. Daftar isi
  - d. Peta konsep
  - e. Apersepsi dan deskripsi

- f. Petunjuk penggunaan modul
- g. Tujuan pembelajaran
- h. Kompetensi Dasar (KD), dan indikator
- i. Materi pembelajaran

Terdiri dari: uraian materi, contoh soal, soal, rangkuman materi keseluruhan, evaluasi, kunci jawaban dan glosarium.

- j. Daftar pustaka

#### **G. Manfaat Penelitian**

Pentingnya pengembangan modul fisika berbasis analogi konsep antara lain:

1. Bagi guru, sebagai media alternatif dalam proses pembelajaran sehingga terjadi kreasi dan inovasi pembelajaran sains dalam arti sesungguhnya.
2. Bagi siswa, bermanfaat untuk mempermudah pemahaman konsep fisika serta melatih keterampilan berpikir seperti misalnya berpikir kritis, logis, dan analitis sebagai bagian dari pendidikan karakter
3. Bagi peneliti lain, sebagai bahan informasi untuk mengadakan penelitian lebih lanjut.

#### **H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan**

1. Penilaian kualitas produk oleh ahli materi dibatasi pada aspek kualitas isi, organisasi, kebahasaan, evaluasi dan glosarium. Penilaian kualitas produk oleh ahli media dibatasi pada aspek konsistensi, format, daya tarik, bentuk dan ukuran huruf, dan kebahasaan. Sedangkan penilaian

guru SMA/MA dibatasi pada aspek kualitas isi, organisasi, kebahasaan, evaluasi, glosarium, konsistensi, dan daya tarik.

2. Respon siswa terhadap modul dibatasi pada aspek kualitas isi, tata bahasa, penggunaan ilustrasi, evaluasi, penampilan fisik, dan motivasi.
3. Tahap pengembangan dibatasi tidak sampai kepada tahap penyebaran atau *diseminasi*.

### **I. Definisi Istilah**

Ada beberapa istilah yang dianggap erat hubungannya terhadap pengembangan modul fisika berbasis analogi konsep ini, antara lain:

1. Pengembangan adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan atau memvalidasi produk-produk yang akan digunakan dalam pendidikan dan pembelajaran.
2. Modul merupakan sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru.
3. Analogi konsep merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk membantu mempelajari sesuatu yang abstrak atau belum diketahui (domain target) melalui pengetahuan lain yang telah diketahui (domain dasar) berdasarkan kemiripan konsep atau cara.
4. Listrik statis adalah listrik yang tidak mengalir atau listrik yang muatan-muatan listriknya dalam keadaan diam.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Modul fisika berbasis analogi konsep dengan tema listrik statis untuk siswa SMA/MA berhasil dikembangkan dengan memenuhi kriteria kualitas sehingga dapat digunakan sebagai sumber penunjang dalam pembelajaran.
2. Kualitas Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA sangat baik (SB) berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media dan guru fisika dengan persentase keidealan masing-masing sebesar 85,16%; 91,96% dan 91,15%.
3. Respon siswa terhadap modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis pada uji lapangan skala kecil diperoleh persentase 85,71% dari skor ideal, sedangkan pada uji lapangan skala besar diperoleh persentase 91,90% dari skor ideal.

## **B. Saran**

### **1. Saran Pemanfaatan**

Alangkah baiknya dalam hal pemanfaatan modul fisika berbasis analogi konsep guru dan siswa mengetahui dan paham terlebih dahulu tentang materi prasyarat.

### **2. Saran Diseminasi**

Diperlukan suatu uji efektivitas untuk menguji keefektifan modul fisika berbasis analogi konsep. Apabila telah dibuktikan secara eksperimen dan hasilnya dapat membantu mempermudah siswa dalam memahami fisika, maka Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep yang telah dikembangkan layak digunakan sebagai acuan guru dalam pembelajaran fisika sekaligus dapat digunakan siswa sebagai sumber belajar.

### **3. Saran Pengembangan Produk Lebih Lanjut**

Perlu dikembangkan modul fisika berbasis analogi konsep dengan tema-tema yang lain yang dapat dianalogikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borg, W & Gall, M.D.1983. *Educational Research* (4<sup>th</sup> ed). New York: Logman Inc.
- Chiu, M. H. & Lin, L. W. 2005. *Promorthing Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies*. *Journal of Research in Science Teaching*. 42, (4), 429-464.
- Demirci, N. & Cirkinoglu, A. 2004. *Determining Students Preconception/Misconceptions in Electricity and Magnetism*. *Journal of Turkish Education*. 1, (2), 50-54.
- Depdiknas. 2008. *Penulisan Modul*. Jakarta: Ditjen PMPTK.
- Djemari Mardapi. 2004. *Penyusunan Tes Hasil Belajar*. Yogyakarta: Pasca Sarjana UNY.
- Duit, R. 1991. *On The Role of Analogies and Metaphors in Learning Science*. *Science Education*. 75, (6), 649-672.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. 2004. *Students Understanding of Direct Current Resistive Electrical Circuit*. *American Journal Physics*. 72, (1), 98-115.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *FISIKA*. Jakarta: Erlangga.
- Glynn, S. M. 1995. *Conceptual Bridges: using Analogies to Explain Scientific Concepts*. *Journal of The Science Teacher*. 62, (9), 25-27.
- Halliday, David dan Robert Resnick. 1984. *Fisika, terj.* Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 2 Jld. Jakarta: Erlangga.
- Hidayat, Sa'ad Wazis dan Sulistyowati. 2010. *Pengembangan Komputer Pembelajaran (CAI) Tentang Gerak Lurus Berubah Beraturan pada Mata Pelajaran Fisika Bagi Siswa Kelas VII SMP Negeri 2 Surabaya*. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10, (1), 86-89.
- Kenginan, Marthen. 2010. *Physics for Senior High School*. Jakarta: Erlangga.
- Oliva, J. M. 2005. "What Professional Knowledge Should we as Physics Teachers have about The Use of analogies?". *Journal Physics Teacher Education*. 3, (1), 11-16.

- Padolefsky, N. S. & Finkelstein, N. D. 2006. *Use of Analogy in Learning Physics: The Role of Representation*. Physics Review Special Topic, Physics Education Research. 2, (020101), 1-10.
- Planinic, M. 2006. *Assessment of Difficulties of Some Conceptual areas from Electricity and Magnetism Using The Conceptual Survey of Electricity and Magnetism*. American Journal of Physics. 71, (6), 526-534.
- Sears and Zemansky. 2002. *Fisika Universitas*, terj. Hugh D Young dan Roger A Freedman. 1 Jld. Jakarta: Erlangga.
- Sears and Zemansky. 2002. *Fisika Universitas*, terj. Hugh D Young dan Roger A Freedman. 2 Jld. Jakarta: Erlangga.
- Singh, V.2010. *The Electron Runaround: Understanding Electric Circuits Basics Through a Classroom Activity*. The Physics Teacher. 48, (5), 309-311.
- Siti, N. K, Sparisoma, V., & Novitrian. 2009. *Konsep Gerak Rotasi Benda Tegar Menggunakan Analogi Konsep Translasi 1-D*. JPFSM. 1, (4), 96-99.
- Sudjiono, Anas. 2006. *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Sugiyono. 2005. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Tim Puslitjaknov. 2008. *Metode Penelitian Pengembangan*. Pusat Penelitian Kebijakan dan Inovasi Pendidikan Badan penelitian dan Pengembangan Departemen Pendidikan Nasional.
- Tjipto, P. 2011. *Strategi Pengajaran Sains dengan Analogi*. JPFA. 1, (1), 1-5.
- Tipler, Paul A. 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik*, terj. Bambang Soegijono. 2 Jld. Jakarta: Erlangga.
- Widoyoko, Eko Putro. 2012. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.



## Lampiran 1

### 1. Validator

#### a. Instrumen

Nama	Jamil Suprihatiningrum, M.Pd. Si
NIP	19840205 201101 2 008
Instansi	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Bidang Keahlian	Pendidikan Kimia

#### b. Produk

Nama	Frida Agung R, M.Sc.
NIP	19780510 200501 1003
Instansi	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Oki Mustova, M.Pd.Si.
NIP	-
Instansi	Universitas Ahmad Dahlan
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

### 2. Penilai

#### a. Ahli Materi

Nama	Daimul Hasanah, M.Pd.
NIP	-
Instansi	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

Nama	Eko Nursulistiyo, M.Pd.
NI	60110633
Instansi	Universitas Ahmad Dahlan
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

#### b. Ahli Media

Nama	Racmad Resmiyanto, M.Pd.Si.
NI	60100599
Instansi	Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

Nama	Fitria Yuniasih, M.Pd
NIP	-
Instansi	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

c. Guru

Nama	Aas Sumarya, M.Pd.
NIP	19810220 200902 1002
Instansi	SMA Negeri 3 Banjar
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Endin Kamiludin, S.Pd.Si.
NIP	-
Instansi	SMA Negeri 3 Banjar
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Pandu Pribadi, S.Si.
NIP	-
Instansi	SMA Negeri 3 Banjar
Bidang Keahlian	Fisika

**SURAT KETERANGAN VALIDASI**

Setelah membaca dan mempelajari instrument dalam penelitian yang berjudul “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Mempermudah Pemahaman Konsep Fisika Bagi Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Maka saya berpendapat dan memberikan saran serta masukan terhadap instrumen penelitian ini sebagai berikut :

- Perbaiki spt masukan terlampir

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk selanjutnya instrumen tersebut dapat digunakan untuk pengambilan data.

Yogyakarta, 10 April 2013

Validator



Jamil Suprihatiningrum, M.Pd.Si  
NIP. 19840205 201101 2 008

### Lampiran 3

#### SURAT KETERANGAN VALIDASI

Setelah membaca dan mempelajari modul dalam penelitian yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

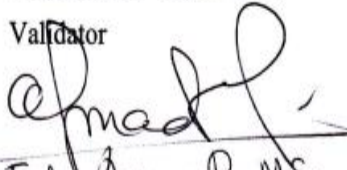
Maka saya berpendapat dan memberikan saran serta masukan terhadap modul penelitian ini sebagai berikut :

1. Ada konsep kurang jelas, sebaiknya dibuat dg program video.
2. Hal 3 : benar, singkat, dan jelas ; Hal 4 : listrik → audio.
3. Hal 5 : "memformulasikan" ini bahasa kompetensi dasar.
4. Hal 6 : sumber gambar ? Hal 10 : persamaan (4) kurang
5. Hal 11 : nomor persamaan belum ditulis. Hal 14 : pers 8 & 9 kurang.
6. Hal 17 : gambar dirupuk dengan baik. Hal 18 : pers... kurang sesuai
7. Hal 20 : judul diedit. Hal 21 : sumber gambar + konsistensi. Alah.
8. Hal 24-26 : konsistensi persamaan (sederajat Vs vektor).
9. Hal 28 : ditubahi dg keppii Hg kapasitor ; Hal 31 : no persamaan.
10. Kaylunc ada yang kurang match dg tujuan pembelajaran.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk selanjutnya modul tersebut dapat digunakan untuk pengambilan data.

Yogyakarta, April 2013

Validator

  
Fida Anggrini R., M.Sc.  
NIP. 197805702005011003

## SURAT KETERANGAN VALIDASI

Setelah membaca dan mempelajari modul dalam penelitian yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi


Maka saya berpendapat dan memberikan saran serta masukan terhadap modul penelitian ini sebagai berikut :

- pada hal iii. Para konsep kurang jelas sebaiknya gunakan warna hitam saja.
- kuestensi penulisan ketika persamaan menggunakan nomor harap semua persamaan diberi nomor, masih banyak para yang tidak menggunakan no persamaan.
- penulisan persamaan dalam modul belum rapi harap dirapikan.
- untuk soal bentuk Essay ~~yang~~ sebaiknya diberikan uraian penyelesaian, jadi membuat pembaca lebih paham.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk selanjutnya modul tersebut dapat digunakan untuk pengambilan data.

Yogyakarta, 30 April 2013

Validator

  
G. Amustika, N. Pd. G.

NIP.

## Lampiran 4

### Kisi-kisi Instrumen Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep untuk Ahli Materi

No.	Aspek	Jumlah Butir Angket	Nomor Urutan
1.	Kualitas Isi	7	1 s.d 7
2.	Organisasi	2	8 s.d 9
3.	Kebahasaan	4	10 s.d 13
4.	Evaluasi	2	14 s.d 15
5.	Glosarium	1	16

### Kisi-kisi Instrumen Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep untuk Ahli Media

No.	Aspek	Jumlah Butir Angket	Nomor Urutan
1.	Konsistensi	3	1 s.d 3
2.	Format	2	4 s.d 5
3.	Daya Tarik	4	6 s.d 9
4.	Bentuk dan Ukuran Huruf	3	10 s.d 12
5.	Kebahasaan	2	13 s.d 14

### Kisi-kisi Instrumen Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep untuk Guru Fisika

No.	Aspek	Jumlah Butir Angket	Nomor Urutan
1.	Kualitas Isi	7	1 s.d 7
2.	Organisasi	1	8
3.	Kebahasaan	3	9 s.d 11
4.	Evaluasi	2	12 s.d 13
5.	Glosarium	1	14
6.	Konsistensi	1	15
7.	Daya tarik	1	16



**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis  
untuk Ahli Materi**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2 = Kurang, 1 = Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Kualitas isi	1. Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar.		✓		
		2. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran.		✓		
		3. Kebenaran konsep sesuai dengan yang dijelaskan oleh fisikawan.	✓			
		4. Materi yang disajikan berbasis analogi konsep		✓		
		5. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi.				✓
		6. Contoh sesuai dengan konsep yang disajikan.		✓		
		7. Terdapat gambar yang dapat membantu siswa untuk memahami materi yang disajikan.			✓	
		8. Materi dalam modul disajikan secara sistematis			✓	
		9. Penyusunan antar sub bab dan antar alenia menunjukkan keruntutan.			✓	
		10. Kalimat yang digunakan jelas sesuai konsep.			✓	
2.	Organisasi					
3.	Kebahasaan					

					✓	
					✓	
					✓	
4.	Evaluasi				✓	
5.	Glosarium				✓	

Yogyakarta, 15 - Mei 2013

Ahli Materi,



Eko Murwanto  
NIP. 60110633



**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis**

**untuk Ahli Materi**

Petunjuk pengisian:

- Berilah tanda centang (√) pada kolom “skor” sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
- Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2= Kurang, 1= Sangat Kurang.
- Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Kualitas isi	1. Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar.	√			
		2. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran.	√			
		3. Kebenaran konsep sesuai dengan yang dijelaskan oleh fisikawan.			√	
		4. Materi yang disajikan berbasis analogi konsep	√			
		5. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi.			√	
		6. Contoh sesuai dengan konsep yang disajikan.	√			
		7. Terdapat gambar yang dapat membantu siswa untuk memahami materi yang disajikan.			√	
		8. Materi dalam modul disajikan secara sistematis	√			
		9. Penyusunan antar sub bab dan antar alenia menunjukkan keruntutan.	√			
		10. Kalimat yang digunakan jelas sesuai konsep.	√			
2.	Organisasi					
3.	Kebahasaan					

		11. Menggunakan bahasa sesuai dengan EYD.	✓		
		12. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.	✓		
		13. Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan kognitif siswa dan mudah dipahami.	✓		
4.	Evaluasi	14. Evaluasi bisa mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran.	✓		
		15. Soal-soal evaluasi merata tingkat kesukarannya.	✓		
5.	Glosarium	16. Penyajian glosarium sesuai dengan ketepatan istilah, urutan alfabet, dan sesuai tata penulisan.	✓		

Yogyakarta, 23 Mei 2013 .

Ahli Materi,



Daimul Hasanah, M.Pd  
NIP. -

Lampiran 6

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eko Marsulastyo, M. Pd  
NIRY : ~~0611 0633~~ 0011 0633  
Pekerjaan : Dosen P. Fis.  
Instansi : UAD  
Alamat Instansi : Jln Sepono


Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listik Statis untuk Siswa SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi  
Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 19-Mei-2013

Ahli Materi,

  
(Eko Marsulastyo)  
NIR 0011 0633

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Daimul Hasanah, M.Pd.....

NIP : .....

Pekerjaan : .....

Instansi : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta .....

Alamat Instansi : .....

Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada  
"Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok  
Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 29 Mei 2013 .....

Ahli Materi,

  
(Daimul Hasanah, M.Pd)  
NIP.

LEMBAR SARAN DAN KRITIK

- ① Materi listrik statis → apersepsi hanya cerobong asap → bisa ditambah kapasitor kilat dll → hub dg analogi konsep dll  
intinya membuat penerapan → terjawab di materi
- ② Soal untuk setiap konsep (tidak hanya contoh) soal → evaluasi → akhir  
↓  
penguatan → di proses.
- ③ Analogi baik akan tetapi perlu diper-  
timbangkan pengetahuan awal siswa pada  
saat implementasi/penggunaan karena  
jika siswa tidak tahu analoginya kemana  
siswa akan terbebani (materi sulit tambah  
sulit karena ketidaktahuan siswa).

Yogyakarta, 19 Mei 2013

Ahli Materi,



(Edo Nurulisyop)  
NIP. 060110633



## LEMBAR SARAN DAN KRITIK

- > Cover : Logo UIN menjadi tidak bermakna dan hanya terkesan pasangan hiasan saja jika tidak disertai dengan identitas almamater tempat Anda bernaung : Penambahkan Fisika Fakultas.....
- > Perhatikan lagi susunan halaman pada modul : halaman 3 dengan hal. 4 saling terbalik .
- > Di Bagian Pendahuluan : Sebaiknya ditambahkan kemampuan / pengetahuan prasyarat yg harus dimiliki oleh siswa sebelum mempelajari / menggunakan modul Anda .
- > Tabel Analogi : Sebaiknya konsep Ruzukan di kolom sebelah kiri, Konsep Target di kolom sebelah kanan .
- > Contoh soal 1 : Kesimpulan kurang tepat .
- > Halaman 10 : Ilustrasi / gambar vektor gaya akibat interaksi 2 buah muatan yg tarik menarik / tolak menolak belum ada .
- > Sub Bab "Medan Listrik" : Definisi Medan Listrik sudah tepat, tapi ilustrasi gambar belum mendukung definisi .

Yogyakarta, 23 Mei 2013

Ahli Materi,

  
Daimul Hasanah, M.Pd  
NIP. -

**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis  
untuk Ahli Media**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2 = Kurang, 1 = Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Konsistensi	1. Penggunaan bentuk dan ukuran huruf secara konsisten dari halaman ke halaman.	✓			
		2. Konsistensi dalam penggunaan jarak spasi, jarak antar judul dengan baris pertama, antar judul dengan teks utama.	✓			
		3. Konsistensi penggunaan istilah atau simbol.	✓			
2.	Format	4. Penggunaan format kolom sesuai dengan bentuk dan ukuran kertas.	✓			
		5. Kesesuaian tata letak dan format pengetikan dengan format kertas (vertikal atau horisontal) yang digunakan.	✓			
3.	Daya tarik	6. Gambar untuk menyampaikan pesan materi yang disajikan jelas dan menarik.			✓	
		7. Kesesuaian ukuran gambar dengan kebutuhan di dalam materi dan tugas yang disajikan.			✓	
		8. Penampilan sampul modul menarik.	✓			

		9. Penulisan kata untuk tanda penekanan (cetak tebal/cetak miring) menggunakan warna yang menarik dan jelas.	✓	
4.	Bentuk dan ukuran huruf	10. Bentuk dan ukuran huruf mudah dibaca.	✓	
		11. Perbandingan huruf yang sesuai antara judul, sub judul dan isi naskah.	✓	
		12. Ketepatan penggunaan huruf kapital.	✓	
5.	Kebahasaan	13. Kesesuaian bahasa dengan ejaan yang benar sesuai EYD.	✓	
		14. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.	✓	

Yogyakarta, Mei 2013

Ahli Media,



Rachmad R

NIP. 601005915



**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis**

**untuk Ahli Media**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2= Kurang, 1= Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Konsistensi	1. Penggunaan bentuk dan ukuran huruf secara konsisten dari halaman ke halaman.	✓			
		2. Konsistensi dalam penggunaan jarak spasi, jarak antar judul dengan baris pertama, antar judul dengan teks utama.	✓			
		3. Konsistensi penggunaan istilah atau simbol.	✓			
2.	Format	4. Penggunaan format kolom sesuai dengan bentuk dan ukuran kertas.		✓		
		5. Kesesuaian tata letak dan format pengetikan dengan format kertas (vertikal atau horisontal) yang digunakan.	✓			
3.	Daya tarik	6. Gambar untuk menyampaikan pesan materi yang disajikan jelas dan menarik.		✓		
		7. Kesesuaian ukuran gambar dengan kebutuhan di dalam materi dan tugas yang disajikan.	✓			
		8. Penampilan sampul modul menarik.		✓		

		9. Penulisan kata untuk tanda penekanan (cetak tebal/cetak miring) menggunakan warna yang menarik dan jelas.		✓	
4.	Bentuk dan ukuran huruf	10. Bentuk dan ukuran huruf mudah dibaca.	✓		
		11. Perbandingan huruf yang sesuai antara judul, sub judul dan isi naskah.		✓	
5.	Kebahasaan	12. Ketepatan penggunaan huruf kapital.	✓		
		13. Kesesuaian bahasa dengan ejaan yang benar sesuai EYD.	✓		
		14. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.		✓	

Yogyakarta, 10 Juni 2013

Ahli Media,



Fitriah Yuniash, M.PJ  
NIP.

Lampiran 9

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rachmad Resmiyanto

NIP : 60000399

Pekerjaan :  Dosen PFIS UAD

Instansi :  Pendidikan Fisika UAD

Alamat Instansi :  Yogyakarta

Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listrik Statis untuk Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, Mei 2013

Ahli Media,



(Rachmad R)

NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fitria Yuniash, M.Pd

NIP : -

Pekerjaan : Dosen

Instansi : UIN

Alamat Instansi : .....

Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listik Statis untuk Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 12 Juni 2013

Ahli Media,



(Fitria Yuniash, M.Pd)

NIP.

LEMBAR SARAN DAN KRITIK

- Pokok konsep buat 2 listrik statis & gravitasi  
dg bangun / percobaan seragam sehingga nampak  
sekal: analoginya

- Istilah-istilah jayam terdulu meng-inggni  
seperti formulasi (rumusan)  
dipresentasikan (dinyatakan, dicitr dkk)

- yang lain ada saja buku & modul

- sampul modul petir kenapa tak ada bahasanya?

Yogyakarta, Mei 2013

Ahli Media,

*Rachmad R*

(*Rachmad R*)  
NIP. 60100585



**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis  
untuk Guru Fisika**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2 = Kurang, 1 = Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Kualitas Isi	1. Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar.	✓			
		2. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran.	✓			
		3. Kebenaran konsep sesuai dengan yang dijelaskan oleh fisikawan.	✓			
		4. Materi yang disajikan berbasis analogi konsep	✓			
		5. Apersepsi bisa memicu motivasi siswa untuk membaca materi.		✓		
		6. Contoh sesuai dengan konsep yang disajikan.		✓		
		7. Terdapat gambar yang dapat membantu siswa untuk memahami materi yang disajikan.	✓			
		8. Materi dalam modul disajikan secara sistematis.	✓			
		9. Kalimat yang digunakan jelas, sesuai konsep.	✓			
		10. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.	✓			
2.	Organisasi					
3.	Kebahasaan					

		11. Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan kognitif siswa dan mudah dipahami.	✓		
4.	Evaluasi	12. Evaluasi dapat mengukur ketercapaian indikator pembelajaran.	✓		
		13. Soal-soal evaluasi merata tingkat kesukarannya.		✓	
5.	Glosarium	14. Penyajian glosarium sesuai dengan ketepatan istilah, urut alfabet dan sesuai tata penulisan.		✓	
6.	Konsistensi	15. Konsistensi penggunaan istilah atau simbol.		✓	
7.	Daya tarik	16. Gambar untuk menyampaikan pesan materi yang disajikan jelas dan menarik.		✓	

Banjar,

Guru Fisika,



PANDU PRIBADI, S.Si

NIP. \_\_\_\_\_

**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis  
untuk Guru Fisika**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2= Kurang, 1= Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Kualitas Isi	1. Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar.		✓		
		2. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran.		✓		
		3. Kebenaran konsep sesuai dengan yang dijelaskan oleh fisikawan.		✓		
		4. Materi yang disajikan berbasis analogi konsep	✓			
		5. Apersepsi bisa memicu motivasi siswa untuk membaca materi.	✓			
		6. Contoh sesuai dengan konsep yang disajikan.	✓			
		7. Terdapat gambar yang dapat membantu siswa untuk memahami materi yang disajikan.	✓			
		8. Materi dalam modul disajikan secara sistematis.			✓	
		9. Kalimat yang digunakan jelas, sesuai konsep.	✓			
		10. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.			✓	
2.	Organisasi					
3.	Kebahasaan					



		11. Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan kognitif siswa dan mudah dipahami.		✓	
4.	Evaluasi	12. Evaluasi dapat mengukur ketercapaian indikator pembelajaran.		✓	
		13. Soal-soal evaluasi merata tingkat kesukarannya.	✓		
5.	Glosarium	14. Penyajian glosarium sesuai dengan ketepatan istilah, urutan alfabet dan sesuai tata penulisan.		✓	
6.	Konsistensi	15. Konsistensi penggunaan istilah atau simbol.	✓		
7.	Daya tarik	16. Gambar untuk menyampaikan pesan materi yang disajikan jelas dan menarik.	✓		

Banjar, 21 Mei 2018

Guru Fisika,

Aas Sumarya, M.Pd

NIP. 198102202009021 002

**Lembar Penilaian Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis  
untuk Guru Fisika**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom "skor" sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Gunakan indikator penilaian pada lampiran sebagai pedoman penilaian. Skor 4 = Sangat Baik, 3 = Baik, 2 = Kurang, 1 = Sangat Kurang.
3. Apabila penilaian Anda adalah 2 atau 1, maka dimohon untuk memberi saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.

No	Aspek	Kriteria	Skor			
			4	3	2	1
1.	Kualitas Isi	1. Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar.	✓			
		2. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran.	✓			
		3. Kebenaran konsep sesuai dengan yang dijelaskan oleh fisikawan.	✓			
1.	Kualitas Isi	4. Materi yang disajikan berbasis analogi konsep	✓			
		5. Apersepsi bisa memicu motivasi siswa untuk membaca materi.		✓		
		6. Contoh sesuai dengan konsep yang disajikan.	✓			
		7. Terdapat gambar yang dapat membantu siswa untuk memahami materi yang disajikan.	✓			
2.	Organisasi	8. Materi dalam modul disajikan secara sistematis.	✓			
3.	Kebahasaan	9. Kalimat yang digunakan jelas, sesuai konsep.	✓			
		10. Tidak terdapat kalimat yang bermakna ganda.	✓			



		11. Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan kognitif siswa dan mudah dipahami.		✓
4.	Evaluasi	12. Evaluasi dapat mengukur ketercapaian indikator pembelajaran.	✓	
		13. Soal-soal evaluasi merata tingkat kesukarannya.	✓	
5.	Glosarium	14. Penyajian glosarium sesuai dengan ketepatan istilah,urut alfabet dan sesuai tata penulisan.	✓	
6.	Konsistensi	15. Konsistensi penggunaan istilah atau simbol.	✓	
7.	Daya tarik	16. Gambar untuk menyampaikan pesan materi yang disajikan jelas dan menarik.		✓

Banjarn, 20 Mei 2013

Guru Fisika,

  
ENDANG KAMILUDIN, S.Pd.Si

NIP.

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ans Sumarya, M.Pd  
NIP : 19810220 200902 1002  
Pekerjaan : PNS  
Instansi : SMAN 3 Banjar  
Alamat Instansi : Jl. KH. Mustopa No. 117 Banjar


Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listik Statis untuk Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana  
NIM : 08690041  
Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi  
Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Banjar, 21 Mei 2013

Guru Fisika,

  
Ans Sumarya, M.Pd  
NIP. 19810220 200902 1002

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ENDIN KAMILUDIN, S.Pd.Si

NIP : .....

Pekerjaan : GURU

Instansi : SMA NEGERI 3 BANJAR

Alamat Instansi : JL. KH. MUSTOFA NO. 117 KOTA BANJAR

Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listik Statis untuk Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Banjar, 20 MEI 2013

Guru Fisika,

(ENDIN KAMILUDIN)

NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : PANDU PRIBADI, S.Si

NIP : -

Pekerjaan : GURU

Instansi : SMA NEGERI 3 BANJAR

Alamat Instansi : JL. KH. MUSTOFA NO. 117 KOTA BANJAR

Menyatakan bahwa saya telah memberikan saran dan kritik pada “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep pada Materi Pokok Listik Statis untuk Siswa SMA/MA” yang disusun oleh:

Nama : Nurdiana

NIM : 08690041

Prodi/Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Harapan saya, saran dan kritik yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan laporan tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan.

Banjar, 20 Mei 2013

Guru Fisika,



(PANDU PRIBADI)

NIP.




**LEMBAR SARAN DAN KRITIK**

④ Saran :

- Ketetapan penulisan harap di perbaiki
- latihan soal harap diperbanyak.
- Konsistensi penulisan rumus perlu diperhatikan

Banjar, 21 Mei 2013

Guru Fisika,

  
As Sumarya, Mpd  
NIP. 19810220 200902 1002



## LEMBAR SARAN DAN KRITIK

- Modul sudah cukup mengalami pengembangan, akan tetapi perlu ditunjukkan ke arah aplikasi - aplikasi bagi pemaham siswa SMA.
- Apersepsi lebih di pertajam dan di perkuat supaya tidak bertele-tele.
- Konsistensi penulisan terutama dalam layout perlu diperhatikan. (kalau mau satu kolom, konsisten satu kolom)
- Daftar pustaka tidak mesti memakai judul pengklasifikasian Buku dan Internet.

### Motivasi

- Terus di latih menulis sebagai bentuk sumbangsih demi kemajuan dunia pendidikan.

Banjar, Mei 2013

Guru Fisika,

(ENDIT KAMILUDIT)

NIP.

## LEMBAR SARAN DAN KRITIK

- Modul sudah sesuai apa yang di ajarkan ~~ajar~~ tetapi dalam pengembangannya perlu tambahan gambar-gambar yg menarik minat pembaca.
- Dalam Glosarium perlu ada tambahan istilah-istilah fisika yang berkaitan dengan materi fisika optik
- Daftar Pustaka ~~ada~~ sumbernya harus di perbanyak

Banjarn, 20 MEI 2013

Guru Fisika,



(PANDU PRIBADI)

NIP.

## Kisi-kisi Respon Siswa

No	Aspek	Kriteria	Tanggapan	
			Ya (+)	Tidak (-)
1.	Kualitas Isi	1. Informasi pada modul memberikan pengetahuan baru	1	18
		2. Peristiwa yang disampaikan pada modul mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.	28	16
		3. Analogi konsep memudahkan siswa dalam memahami materi.	3	17
2.	Tata Bahasa	4. Bahasa yang digunakan mudah dimengerti	4	12
		5. Tidak ada kalimat yang membingungkan	20	14
3.	Penggunaan Ilustrasi	6. Gambar pada modul menarik	24	5
		7. Tabel pada modul memudahkan dalam memahami materi	7	21
		8. Peta konsep pada modul mempermudah dalam mengingat materi	22	8
4.	Evaluasi	9. Petunjuk mengerjakan soal jelas	9	23
		10. Soal-soal pada modul memudahkan dalam memahami materi	26	6
5.	Penampilan Fisik	11. Sampul modul menarik perhatian	11	25
		12. Tulisan dapat terbaca dengan jelas	15	10
		13. Gambar terlihat dengan jelas	13	27
6.	Motivasi	14. Modul membuat belajar lebih mudah	19	2

## Lampiran 15

### DAFTAR NAMA PESERTA UJI COBA LAPANGAN

#### A. Uji Coba Lapangan Skala Kecil

1. Maya Maesaroh
2. Ebbi
3. Vivi Alviani
4. Dini Maria N
5. Herawati

#### B. Uji coba lapangan skala besar

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1. Huda Kholid J A  | 16. Lena Oktaviani  |
| 2. Hani Andriani    | 17. Ade M           |
| 3. Galuh Bella F P  | 18. Rizzal P        |
| 4. Dian Heryani     | 19. Uus Arista N    |
| 5. Risca Yulinda    | 20. Wida Setia O    |
| 6. Yeri Susanto     | 21. Oryza Santivani |
| 7. Rina Alisya M    | 22. Nur Arina P     |
| 8. Desi Apriyanti   | 23. Indriani        |
| 9. Fuji A Fauji     | 24. Taufiq F        |
| 10. Ai Endrawati    | 25. Kalvin K        |
| 11. Seli Ristin O   | 26. Ai Yulianti     |
| 12. Allen S Almaula | 27. Yuli Yuliani    |
| 13. Fitri Purnama   | 28. Dina Karina     |
| 14. Yanti D M       | 29. Ade A           |
| 15. Gita Mila W     | 30. M Aziz          |



Lembar Respon Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis

Untuk Siswa

Nama : *Vivi Alviani*

Kelas : *XII-IA.2*

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda  $\checkmark$  pada kolom 'Tanggapan' sesuai tanggapan Anda terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Jika mempunyai saran dan masukan mengenai modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis silakan ditulis pada lembar yang tersedia.
3. Alternatif jawaban adalah "Ya" dan "Tidak"

No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Informasi pada modul memberikan pengetahuan baru.	$\checkmark$	
2.	Modul membuat belajar lebih sulit.		$\checkmark$
3.	Analogi konsep memudahkan siswa dalam memahami materi.	$\checkmark$	
4.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	$\checkmark$	
5.	Gambar pada modul tidak menarik.		$\checkmark$
6.	Soal-soal pada modul sulit dipahami.	$\checkmark$	
7.	Tabel pada modul memudahkan dalam memahami materi.	$\checkmark$	
8.	Peta konsep pada modul menyulitkan dalam mengingat materi.	$\checkmark$	
9.	Petunjuk mengerjakan soal jelas.	$\checkmark$	
10.	Tulisan sulit terbaca dengan jelas.		$\checkmark$



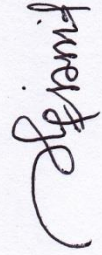
No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
11.	Sampul modul menarik perhatian.		✓
12.	Bahasa yang digunakan sukar dimengerti.		✓
13.	Gambar terlihat dengan jelas.	✓	
14.	Terdapat kalimat yang membingungkan.		✓
15.	Tulisan dapat terbaca dengan jelas.	✓	
16.	Peristiwa yang disampaikan pada modul sukar ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.		✓
17.	Analogi konsep menyulitkan siswa dalam memahami materi.		✓
18.	Informasi pada modul tidak memberikan pengetahuan baru.		✓
19.	Modul membuat belajar lebih mudah.	✓	
20.	Tidak ada kalimat yang membingungkan.	✓	
21.	Tabel pada modul menyulitkan dalam memahami materi.		✓
22.	Peta konsep pada modul mempermudah dalam mengingat materi.	✓	
23.	Petunjuk mengerjakan soal tidak jelas.		✓
24.	Gambar pada modul menarik.	✓	
25.	Sampul modul tidak menarik	✓	
26.	Soal-soal pada modul memudahkan dalam memahami materi.	✓	
27.	Gambar tidak terlihat dengan jelas.		✓
28.	Peristiwa yang disampaikan pada modul mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.	✓	



Lembar Masukan Siswa

Menurut saya Modul tersebut menyuguhkan rumus cepat untuk mengerjakan soal-soal dan dapat lebih mudah dipahami. Seharusnya tidak dicantumkan kunci jawaban. Jika ingin dicantumkan kunci jawaban harus pada lembaran lain. Agar guru mengerjakan soal tidak terpaku ke kunci jawaban

Banjar, Juni 2013



Vivi Alviani



## Lembar Respon Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis

### Untuk Siswa

Nama : *Oryza Santivani*

Kelas : *XII.1A.3*

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda  $\checkmark$  pada kolom 'Tanggapan' sesuai tanggapan Anda terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Jika mempunyai saran dan masukan mengenai modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis silakan ditulis pada lembar yang tersedia.
3. Alternatif jawaban adalah "Ya" dan "Tidak"

No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Informasi pada modul memberikan pengetahuan baru.	$\checkmark$	
2.	Modul membuat belajar lebih sulit.		$\checkmark$
3.	Analogi konsep memudahkan siswa dalam memahami materi.	$\checkmark$	
4.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	$\checkmark$	
5.	Gambar pada modul tidak menarik.		$\checkmark$
6.	Soal-soal pada modul sulit dipahami.		$\checkmark$
7.	Tabel pada modul memudahkan dalam memahami materi.	$\checkmark$	
8.	Peta konsep pada modul menyulitkan dalam mengingat materi.		$\checkmark$
9.	Petunjuk mengerjakan soal jelas.	$\checkmark$	
10.	Tulisan sulit terbaca dengan jelas.		$\checkmark$



No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
11.	Sampul modul menarik perhatian.	✓	
12.	Bahasa yang digunakan sukar dimengerti.		✓
13.	Gambar terlihat dengan jelas.	✓	
14.	Terdapat kalimat yang membingungkan.		✓
15.	Tulisan dapat terbaca dengan jelas.	✓	
16.	Peristiwa yang disampaikan pada modul sukar ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.		✓
17.	Analogi konsep menyulitkan siswa dalam memahami materi.		✓
18.	Informasi pada modul tidak memberikan pengetahuan baru.		✓
19.	Modul membuat belajar lebih mudah.	✓	
20.	Tidak ada kalimat yang membingungkan.	✓	
21.	Tabel pada modul menyulitkan dalam memahami materi.		✓
22.	Peta konsep pada modul mempermudah dalam mengingat materi.	✓	
23.	Petunjuk mengerjakan soal tidak jelas.		✓
24.	Gambar pada modul menarik.	✓	
25.	Sampul modul tidak menarik		✓
26.	Soal-soal pada modul memudahkan dalam memahami materi.	✓	
27.	Gambar tidak terlihat dengan jelas.		✓
28.	Peristiwa yang disampaikan pada modul mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.	✓	



Lembar Masukan Siswa

Modul TIT sangat bermanfaat untuk dibaca dan dipahami serta membuat belajar lebih efektif dan efisien. Informasi dalam modul TIT memberikan pengetahuan baru, akan tetapi TITnya terlalu singkat.

Banjar, Juni 2013



ORIZA SANTIVAKI

**Lembar Respon Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis**

Untuk Siswa

Nama : *Galuh Bella Fitriani Restiwi.*

Kelas : *XII IPA 3.*

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda  $\checkmark$  pada kolom 'Tanggapan' sesuai tanggapan Anda terhadap Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis.
2. Jika mempunyai saran dan masukan mengenai modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis silakan ditulis pada lembar yang tersedia.
3. Alternatif jawaban adalah "Ya" dan "Tidak"

No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
1.	Informasi pada modul memberikan pengetahuan baru.	$\checkmark$	
2.	Modul membuat belajar lebih sulit.		$\checkmark$
3.	Analogi konsep memudahkan siswa dalam memahami materi.	$\checkmark$	
4.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	$\checkmark$	
5.	Gambar pada modul tidak menarik.		$\checkmark$
6.	Soal-soal pada modul sulit dipahami.		$\checkmark$
7.	Tabel pada modul memudahkan dalam memahami materi.	$\checkmark$	
8.	Peta konsep pada modul menyulitkan dalam mengingat materi.		$\checkmark$
9.	Petunjuk mengerjakan soal jelas.	$\checkmark$	
10.	Tulisan sulit terbaca dengan jelas.		$\checkmark$



No.	Kriteria	Tanggapan	
		Ya	Tidak
11.	Sampul modul menarik perhatian.	✓	
12.	Bahasa yang digunakan sukar dimengerti.		✓
13.	Gambar terlihat dengan jelas.	✓	
14.	Terdapat kalimat yang membingungkan.		✓
15.	Tulisan dapat terbaca dengan jelas.	✓	
16.	Peristiwa yang disampaikan pada modul sukar ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.		✓
17.	Analogi konsep menyulitkan siswa dalam memahami materi.		✓
18.	Informasi pada modul tidak memberikan pengetahuan baru.		✓
19.	Modul membuat belajar lebih mudah.	✓	
20.	Tidak ada kalimat yang membingungkan.	✓	
21.	Tabel pada modul menyulitkan dalam memahami materi.		✓
22.	Peta konsep pada modul mempermudah dalam mengingat materi.	✓	
23.	Petunjuk mengerjakan soal tidak jelas.		✓
24.	Gambar pada modul menarik.	✓	
25.	Sampul modul tidak menarik		✓
26.	Soal-soal pada modul memudahkan dalam memahami materi.	✓	
27.	Gambar tidak terlihat dengan jelas.		✓
28.	Peristiwa yang disampaikan pada modul mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.	✓	



Lembar Masukan Siswa

Menurut saya, modulnya menarik, sampulnya bagus, dan isinya juga mudah di-  
mengerti. Dalam soalnya pun disertai dengan karna jawaban, dan itu bisa mempermudah  
siswa untuk lebih memahami cara pengerjaan soal. Jika kami belum memahami soal - soal  
itu. Terima kasih.

Banjar, Juni 2013

*Latifah*

Galuh Bella Fitriani Perliwi

NIS 1011182.



## Tabulasi Data Hasil Penilaian

## 1. Ahli Materi

Aspek Penilaian	Kriteria Penilaian	Penilai		$\Sigma$ Skor	$\Sigma$ Per-Aspek	Rata-rata	Presentase dari skor ideal
		1	2				
Kualitas Isi	1	4	3	7	46	23	82,14%
	2	4	3	7			
	3	3	4	7			
	4	4	3	7			
	5	3	2	5			
	6	4	3	7			
	7	3	3	6			
Organisasi	8	4	3	7	14	7	87,5%
	9	4	3	7			
Kebahasaan	10	4	3	7	28	14	87,5%
	11	4	3	7			
	12	4	3	7			
	13	4	3	7			
Evaluasi	14	4	3	7	14	7	87,5%
	15	4	3	7			
Glosarium	16	4	3	7	7	3,5	87,5%
<b>Jumlah Skor</b>		61	48	109	109	54,5	85,16%

## a. Kualitas Aspek Keseluruhan

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 16		$\bar{X} \geq 48$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 64		$48 > \bar{X} \geq 40$	Baik
Skor terendah ideal = 16		$40 > \bar{X} \geq 32$	Kurang
$\bar{X}$ = 54,5 (sangat baik)		$\bar{X} < 32$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (64+16) = 40$			
SBi = $1/6 (64-16) = 8$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{109}{128} \times 100\% = 85,16\%$$

**b. Kualitas Isi**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 7		$\bar{X} \geq 21$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 28		$21 > \bar{X} \geq 17,5$	Baik
Skor terendah ideal = 7		$17,5 > \bar{X} \geq 14$	Kurang
$\bar{X}$ = 23 (sangat baik)		$\bar{X} < 14$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (28+7) = 17,5$			
SBi = $1/6 (28-7) = 3,5$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{46}{56} \times 100\% = 82,14\%$$

**c. Organisasi**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 2		$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 8		$6 > \bar{X} \geq 5$	Baik
Skor terendah ideal = 2		$5 > \bar{X} \geq 4$	Kurang
$\bar{X}$ = 7 (sangat baik)		$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (8+2) = 5$			
SBi = $1/6 (8-2) = 1$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{14}{16} \times 100\% = 87,5\%$$

**d. Kebahasaan**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 4		$\bar{X} \geq 12$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 16		$12 > \bar{X} \geq 10$	Baik
Skor terendah ideal = 4		$10 > \bar{X} \geq 8$	Kurang
$\bar{X}$ = 14 (sangat baik)		$\bar{X} < 8$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (16+4) = 10$			
SBi = $1/6 (16-4) = 2$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{28}{32} \times 100\% = 87,5\%$$

**e. Evaluasi**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 2		$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 8		$6 > \bar{X} \geq 5$	Baik
Skor terendah ideal = 2		$5 > \bar{X} \geq 4$	Kurang
$\bar{X}$ = 7 (sangat baik)		$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (8+2) = 5$			
SBi = $1/6 (8-2) = 1$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{14}{16} \times 100\% = 87,5\%$$

**f. Glosarium**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 1		$\bar{X} \geq 3$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 4		$3 > \bar{X} \geq 2,5$	Baik
Skor terendah ideal = 1		$2,5 > \bar{X} \geq 2$	Kurang
$\bar{X}$ = 3,5 (sangat baik)		$\bar{X} < 2$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (4+1) = 2,5$			
SBi = $1/6 (4-1) = 0,5$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{7}{8} \times 100\% = 87,5\%$$

## 2. Ahli Media

Aspek Penilaian	Kriteria Penilaian	Penilai		$\Sigma$ Skor	$\Sigma$ Per-Aspek	Rata-rata	Presentase dari skor ideal
		1	2				
Konsistensi	1	4	4	8	24	12	100%
	2	4	4	8			
	3	4	4	8			
Format	4	3	4	7	15	7,5	93,75%
	5	4	4	8			
Daya Tarik	6	3	3	6	26	13	81,25%
	7	4	3	7			
	8	3	4	7			
	9	3	3	6			
Bentuk dan Ukuran Huruf	10	4	4	8	23	11,5	95,83%
	11	3	4	7			
	12	4	4	8			
Kebahasaan	13	4	4	8	15	7,5	93,75%
	14	3	4	7			
<b>Jumlah Skor</b>		50	53	103	103	51,5	91,96%

### a. Kualitas Aspek Keseluruhan

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 14		$\bar{X} \geq 42$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 56		$42 > \bar{X} \geq 35$	Baik
Skor terendah ideal = 14		$35 > \bar{X} \geq 28$	Kurang
$\bar{X}$ = 51,5 (sangat baik)		$\bar{X} < 28$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (56+14) = 35$			
SBi = $1/6 (56-14) = 7$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{103}{112} \times 100\% = 91,96\%$$

### b. Konsistensi

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 3		$\bar{X} \geq 9$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 12		$9 > \bar{X} \geq 7,5$	Baik
Skor terendah ideal = 3		$7,5 > \bar{X} \geq 6$	Kurang
$\bar{X}$ = 12 (sangat baik)		$\bar{X} < 6$	Sangat Kurang
$M_i$ = $1/2 (12+3) = 7,5$			
SBi = $1/6 (12-3) = 1,5$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{24}{24} \times 100\% = 100\%$$

**c. Format**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 2		$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 8		$6 > \bar{X} \geq 5$	Baik
Skor terendah ideal = 2		$5 > \bar{X} \geq 4$	Kurang
$\bar{X} = 7,5$ (sangat baik)		$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (8+2) = 5$			
$SBi = 1/6 (8-2) = 1$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{15}{16} \times 100\% = 93,75\%$$

**d. Daya Tarik**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 4		$\bar{X} \geq 12$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 16		$12 > \bar{X} \geq 10$	Baik
Skor terendah ideal = 4		$10 > \bar{X} \geq 8$	Kurang
$\bar{X} = 13$ (sangat baik)		$\bar{X} < 8$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (16+4) = 10$			
$SBi = 1/6 (16-4) = 2$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{26}{32} \times 100\% = 81,25\%$$

**e. Bentuk dan Ukuran Huruf**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 3		$\bar{X} \geq 9$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 12		$9 > \bar{X} \geq 7,5$	Baik
Skor terendah ideal = 3		$7,5 > \bar{X} \geq 6$	Kurang
$\bar{X} = 11,5$ (sangat baik)		$\bar{X} < 6$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (12+3) = 7,5$			
$SBi = 1/6 (12-3) = 1,5$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{23}{24} \times 100\% = 95,83\%$$

**f. Kebahasaan**

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 2		$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 8		$6 > \bar{X} \geq 5$	Baik
Skor terendah ideal = 2		$5 > \bar{X} \geq 4$	Kurang
$\bar{X} = 7,5$ (sangat baik)		$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (8+2) = 5$			
$SBi = 1/6 (8-2) = 1$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{15}{16} \times 100\% = 93,75\%$$

### 3. Guru Fisika

Aspek Penilaian	Kriteria Penilaian	Penilai			$\Sigma$ Skor	$\Sigma$ Per-Aspek	Rata-rata	Presentase dari skor ideal
		1	2	3				
Kualitas Isi	1	3	4	4	11	78	26	92,86%
	2	3	4	4	11			
	3	3	4	4	11			
	4	4	4	4	12			
	5	4	3	3	10			
	6	4	4	3	11			
	7	4	4	4	12			
Organisasi	8	3	4	4	11	11	3,67	91,67%
Kebahasaan	9	4	4	4	12	33	11	91,67%
	10	3	4	4	11			
	11	3	3	4	10			
Evaluasi	12	3	4	4	11	22	7,33	91,67%
	13	4	4	3	11			
Glosarium	14	3	4	3	10	10	3,33	83,33%
Konsistensi	15	4	4	3	11	11	3,67	91,67%
Daya Tarik	16	4	3	3	10	10	3,33	83,33%
<b>Jumlah Skor</b>		56	61	58	175	175	58,33	91,15%

#### a. Kualitas Aspek Keseluruhan

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 16		$\bar{X} \geq 48$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 64		$48 > \bar{X} \geq 40$	Baik
Skor terendah ideal = 16		$40 > \bar{X} \geq 32$	Kurang
$\bar{X} = 58,33$ (sangat baik)		$\bar{X} < 32$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (64+16) = 40$			
$SBi = 1/6 (64-16) = 8$			

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{175}{192} \times 100\% = 91,15\%$$

#### b. Kualitas Isi

Data hitung total		Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 7		$\bar{X} \geq 21$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 28		$21 > \bar{X} \geq 17,5$	Baik
Skor terendah ideal = 7		$17,5 > \bar{X} \geq 14$	Kurang
$\bar{X} = 26$ (sangat baik)		$\bar{X} < 14$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (28+7) = 17,5$			
$SBi = 1/6 (28-7) = 3,5$			



$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{175}{192} \times 100\% = 91,15\%$$

### c. Organisasi

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 1	$\bar{X} \geq 3$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 4	$3 > \bar{X} \geq 2,5$	Baik
Skor terendah ideal = 1	$2,5 > \bar{X} \geq 2$	Kurang
$\bar{X} = 3,67$ (sangat baik)	$\bar{X} < 2$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (4+1) = 2,5$		
$SBi = 1/6 (4-1) = 0,5$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{11}{12} \times 100\% = 91,67\%$$

### d. Kebahasaan

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 3	$\bar{X} \geq 9$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 12	$9 > \bar{X} \geq 7,5$	Baik
Skor terendah ideal = 3	$7,5 > \bar{X} \geq 5$	Kurang
$\bar{X} = 11$ (sangat baik)	$\bar{X} < 5$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (12+3) = 7,5$		
$SBi = 1/6 (12-3) = 1,5$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{33}{36} \times 100\% = 91,67\%$$

### e. Evaluasi

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 2	$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 8	$6 > \bar{X} \geq 5$	Baik
Skor terendah ideal = 2	$5 > \bar{X} \geq 4$	Kurang
$\bar{X} = 7,33$ (sangat baik)	$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (8+2) = 5$		
$SBi = 1/6 (8-2) = 1$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{22}{24} \times 100\% = 91,67\%$$

**f. Glosarium**

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 1	$\bar{X} \geq 3$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 4	$3 > \bar{X} \geq 2,5$	Baik
Skor terendah ideal = 1	$2,5 > \bar{X} \geq 2$	Kurang
$\bar{X} = 3,33$ (sangat baik)	$\bar{X} < 2$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (4+1) = 2,5$		
$SBi = 1/6 (4-1) = 0,5$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{10}{12} \times 100\% = 83,33\%$$

**g. Konsistensi**

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 1	$\bar{X} \geq 3$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 4	$3 > \bar{X} \geq 2,5$	Baik
Skor terendah ideal = 1	$2,5 > \bar{X} \geq 2$	Kurang
$\bar{X} = 3,67$ (sangat baik)	$\bar{X} < 2$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (4+1) = 2,5$		
$SBi = 1/6 (4-1) = 0,5$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{11}{12} \times 100\% = 91,67\%$$

**h. Daya Tarik**

Data hitung total	Rentang Skor	Kategori
Jumlah Kriteria = 1	$\bar{X} \geq 3$	Sangat Baik
Skor tertinggi ideal = 4	$3 > \bar{X} \geq 2,5$	Baik
Skor terendah ideal = 1	$2,5 > \bar{X} \geq 2$	Kurang
$\bar{X} = 3,33$ (sangat baik)	$\bar{X} < 2$	Sangat Kurang
$M_i = 1/2 (4+1) = 2,5$		
$SBi = 1/6 (4-1) = 0,5$		

$$\text{Presentase Keidealan} = \frac{10}{12} \times 100\% = 83,33\%$$





No.	Nama	Skor																										Jml		
		Kualitas Isi						Tata Bahasa				Penggunaan Ilustrasi						Evaluasi				Penampilan Fisik							Motivasi	
		1	18	28	16	3	17	4	12	20	14	24	5	7	21	22	8	9	23	26	6	11	25	15	10	13	27	19	2	
24	Taufiq F	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25
25	Kalvin K	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
26	Ai Yulianti	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
27	Yuli Yuliani	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
28	Dina Karina	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26
29	Ade A	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	21
30	M Aziz	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	18
Jumlah		30	29	26	21	28	28	29	29	20	22	30	29	28	29	29	23	28	30	27	25	29	27	28	28	30	30	30	30	772
		<b>162</b>						<b>100</b>				<b>168</b>						<b>110</b>				<b>172</b>						<b>60</b>		

$$R = 772$$

$$SM = 840$$

$$NP = \frac{772}{840} \times 100\% = 91,90\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Kualitas Isi} = \frac{162}{180} \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Motivasi} = \frac{60}{60} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Tata Bahasa} = \frac{100}{120} \times 100\% = 83,33\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Penggunaan Ilustrasi} = \frac{168}{180} \times 100\% = 93,33\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Evaluasi} = \frac{110}{120} \times 100\% = 91,67\%$$

$$\text{Presentase Ideal Aspek Penampilan Fisik} = \frac{172}{180} \times 100\% = 95,56\%$$





PEMERINTAH KOTA BANJAR  
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**SMA NEGERI 3 BANJAR**

Jl.KH.Mustofa, No.117 – Telp. (0265) 741289 Kota Banjar 46311  
Website : sman3banjar.webs.com - e-mail : sma\_negeri3\_banjar@yahoo.co.id

Nomor : 421.7/365/SMA.3-disdikbud/VI/2013  
Lampiran :  
Perihal : Pemberitahuan

Kepada  
Yth, Rektor Universitas Islam Negeri Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
di-

Yogyakarta

Berdasarkan surat dari saudara tertanggal , 28 Mei 2013, Kepala SMA Negeri 3 Banjar memberitahukan dengan hormat, bahwa:

N a m a : NURDIANA  
Tempat/Tgl Lahir : Ciamis, 17 Juli 1989  
NIM : 08690041  
Semester : X ( Sepuluh )  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Judul Tesis : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Analogi Konsep Pada Materi Pokok Listrik Statis Untuk Siswa SMA/MA

Bahwa nama tersebut diatas telah melaksanakan ijin Observasi di SMA Negeri 3 Banjar pada tanggal 31 Mei s.d. 1 Juni 2013 di kelas XII IPA.

Demikian surat ijin Observasi dibuat ini agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

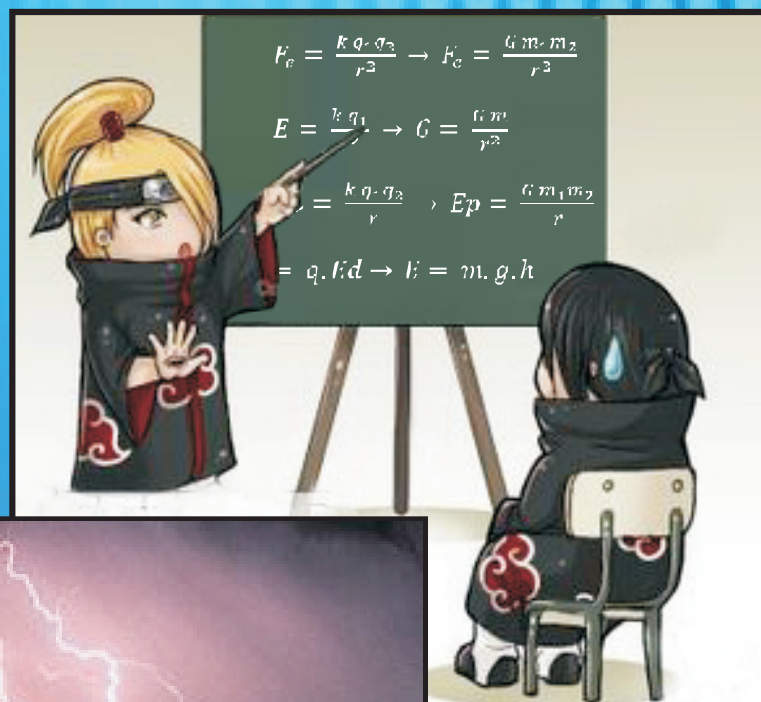
Banjar, 1 Juni 2013

Kepala Sekolah  
  
BANJAR  
Drs. H. KUSDIAMAN, M.Pd  
NIP. 196010201984031006  
Pangkat: Pembina Tk. I/IV.B

# MODUL FISIKA

# LISTRIK STATIS

untuk SMA/MA kelas XII



Disusun Oleh:  
Nurdiana

Pembimbing :  
Nita Handayani, M.Si  
Joko Purwanto, M.Sc



PROGAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah yang telah memberikan segala nikmat kepada kita sehingga penulis dapat menyelesaikan modul Fisika Berbasis Analogi Konsep dengan Tema Listrik Statis. Shalawat serta salam untuk Rasulullah SAW., keluarga, para sahabat serta mereka yang mengikutinya.

Modul ini ditulis untuk membantu siswa dalam hal mengkontruksi cara berpikir terhadap materi fisika yang dianggap sulit dan abstrak. Suatu metode alternatif yang dinamakan analogi memiliki peranan penting dalam mengkontruksi pemahaman seseorang. Dengan analogi, seseorang dapat mempelajari sesuatu yang belum diketahui melalui pengetahuan yang telah diketahui. Metode ini digunakan penulis dalam hal penyajian materi fisika yakni listrik statis. Penulis mengharapkan dengan penganalogian materi listrik statis terhadap materi lain yang sudah dipelajari dapat membantu pemahaman siswa.

Modul ini dilengkapi dengan tujuan pembelajaran untuk mengetahui target yang akan dicapai setelah mempelajari materi dalam modul, peta konsep sebagai gambaran umum, apersepsi untuk meningkatkan motivasi siswa, gambar untuk membantu pemahaman siswa, rangkuman, evaluasi untuk menguji penguasaan materi yang telah dipelajari, glosarium berisi penjelasan dari kosakata materi pada modul.

Kritik dan saran yang membangun selalu terbuka untuk perbaikan modul ini agar menjadi lebih baik. Penulis mengharapkan semoga modul ini bermanfaat untuk siswa, guru, dan dunia pendidikan pada umumnya.

Yogyakarta, Februari 2013

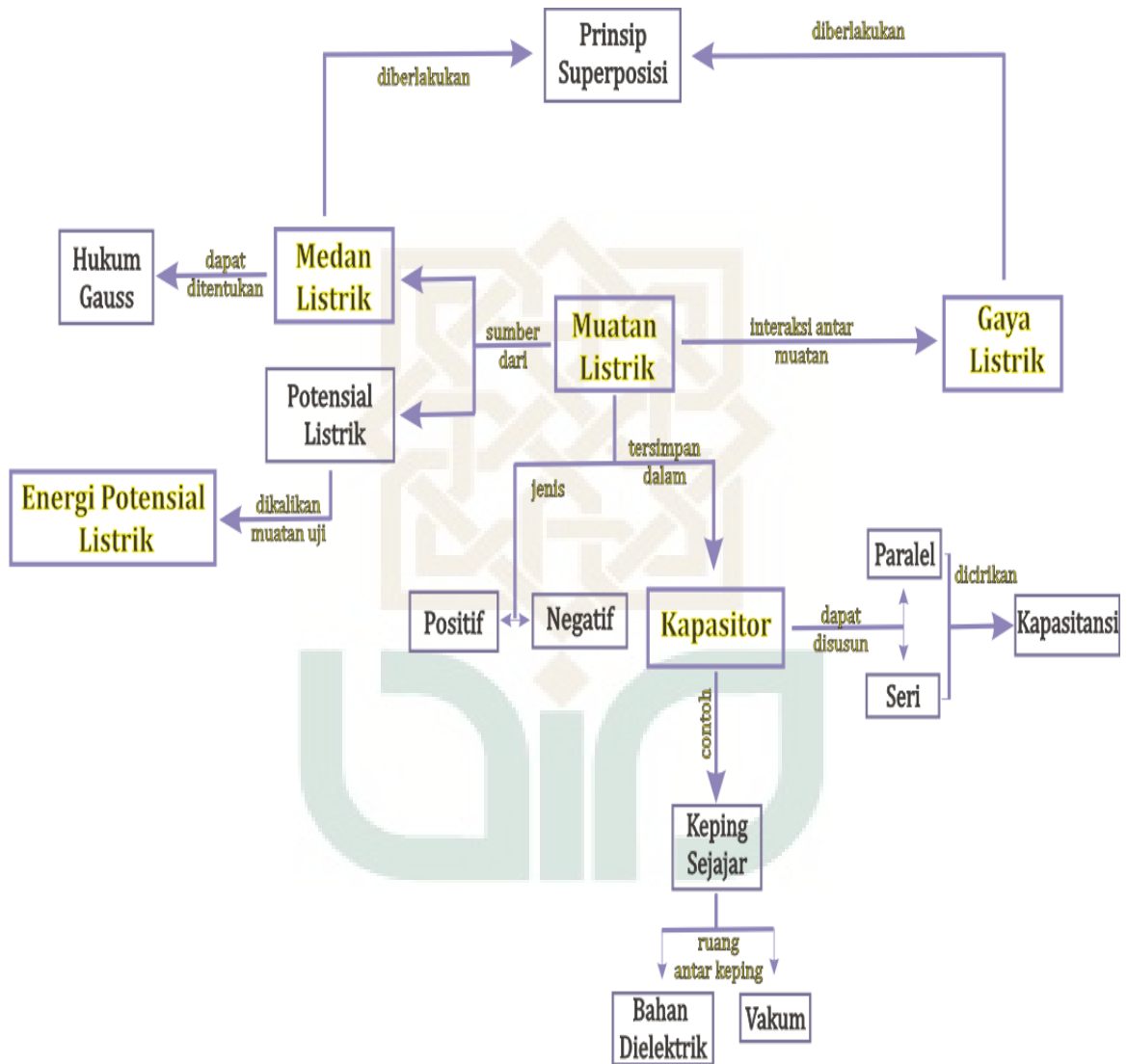
Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PETA KONSEP .....	iii
PENDAHULUAN .....	1
A. Apersepsi .....	1
B. Deskripsi .....	2
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	3
D. Tujuan Akhir .....	4
E. Kompetensi .....	5
LISTRİK STATIS	
A. Muatan Listrik .....	7
B. Gaya Listrik .....	9
C. Medan Listrik .....	14
D. Energi Potensial Listrik .....	22
E. Kapasitor .....	30
RANGKUMAN.....	43
EVALUASI .....	45
KUNCI JAWABAN .....	54
GLOSARIUM.....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58

# PETA KONSEP

## LISTRIK STATIS





## PENDAHULUAN

### A. Apersepsi

Waktu SMP, Anda telah melakukan beberapa percobaan sederhana untuk menunjukkan listrik statis. Salah satu percobaan yang mudah dilakukan adalah percobaan dengan sisir plastik. Mula-mula sisir plastik tidak dapat menarik sobekan-sobekan kertas. Tetapi setelah sisir digosok-gosokkan pada rambut kering Anda kira-kira 20 kali, sisir sekarang dapat menarik sobekan-sobekan kertas. Bagaimanakah hal ini bisa terjadi?

Pernahkah Anda perhatikan mengapa pada pengecatan mobil badan mobil terlebih dahulu diampelas? Ataukah Anda perhatikan bagaimana prinsip kerja mesin fotokopi? Semua pertanyaan tersebut dapat terjawab apabila Anda mengetahui bagaimana prinsip-prinsip dan aplikasi dari listrik statis.

Karakter muatan listrik yang memiliki jenis muatan positif dan negatif menimbulkan banyak pertanyaan yang mendorong manusia untuk mempelajarinya. Misalnya pada pengecatan mobil harus diampelas terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan agar terjadi gesekan dan akan menghasilkan muatan listrik. Sedangkan alat semprot cat elektrostatis saat akan disemprotkan, maka butiran-butiran cat dari aerosol akan bergesekan dengan mulut pipa semprot dan udara sehingga butiran cat akan bermuatan listrik. Akibatnya muatan tersebut akan ditarik ke badan mobil. Cara ini sangat efektif, efisien dan murah.

Masih banyak lagi hal-hal yang bisa dijelaskan dengan cara kita mengetahui dan mempelajari listrik statis. Oleh karena itu marilah kita mulai mempelajari listrik statis ini dengan penuh antusias.

## B. Deskripsi

Modul ini berisi materi listrik statis yang akan membahas beberapa materi yakni gaya listrik atau sering juga disebut dengan gaya Coulomb dan gaya elektrostatik, medan listrik, energi potensial listrik, dan kapasitor. Materi-materi tersebut dianalogikan dengan materi-materi gravitasi dan resistor yang memang sudah dipelajari sebelumnya. Maksud dari penganalogian tersebut adalah untuk mempermudah dalam mempelajari materi listrik statis. Mempelajari konsep listrik statis akan lebih mudah sehingga Anda dapat mengetahui dan memahami dengan baik.

Setiap sub bagian yang dipelajari tidaklah berhenti pada hal ruang lingkup kelas tetapi kita juga dapat memahami bahwa banyak kegunaan listrik yang telah kita manfaatkan pada kehidupan sehari-hari. Bagaimana kaitannya antara berbagai produk yang secara tidak sadar kita pakai adalah merupakan aplikasi atau sumbangsih pengetahuan fisika khususnya bidang listrik statis. Misalnya, bagaimana cara kerja kapasitor pada lampu *blitz* kamera, *tunning* radio, *defibriliator*, dan masih banyak lagi aplikasi yang lainnya.



### C. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul fisika berbasis analogi konsep ini disusun dengan menyajikan konsep-konsep listrik statis yang dianalogikan dengan konsep-konsep lain yakni gravitasi dan resistor yang sudah dipelajari sebelumnya dengan harapan untuk mempermudah memahaminya. Sebelum membaca lebih jauh modul ini, alangkah baiknya Anda perhatikan petunjuk berikut ini.

1. Modul ini berisi peta konsep, apersepsi, deskripsi, tujuan, pembelajaran, materi pembelajaran, evaluasi, glosarium, kunci jawaban, dan daftar pustaka.
2. Pahami kembali materi gravitasi dan resistor sebagai prasyarat untuk memahami analoginya.
3. Pahami setiap materi teori dasar yang akan membantu penguasaan dengan teliti. Pahami/baca juga analoginya untuk mempermudah dalam memahami konsepnya. Apabila mendapat kesulitan Anda dapat berkonsultasi dengan guru.
4. Kerjakan latihan soal dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a. Pilihan Ganda : pilih salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang (X) pada A, B, C, D, atau E.
  - b. Uraian : Jawablah pertanyaan dengan menuliskan jawaban yang benar, singkat dan jelas.
5. Catatlah kesulitan yang Anda temui dalam modul ini untuk ditanyakan kepada guru pada saat kegiatan belajar mengajar berlangsung.

#### **D. Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan Anda dapat :

- Mendeskripsikan gaya listrik (hukum Coulomb) pada muatan titik
- Mengaplikasikan hukum Coulomb dan hukum Gauss untuk mencari medan listrik pada distribusi muatan kontinu
- Menentukan potensial listrik oleh distribusi muatan titik dan kontinu
- Menentukan energi potensial antara dua titik dalam medan listrik
- Menjelaskan prinsip kerja kapasitor keping sejajar
- Menganalisis rangkaian kapasitor yang disusun secara seri dan paralel
- Menentukan energi yang tersimpan di dalam kapasitor yang bermuatan



## E. Kompetensi

Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Semester	: XII/1
Tema	: Listrik Statis
Alokasi Waktu	: 5 Jam pertemuan
Penilaian	: Tes

### Kompetensi Dasar

### Indikator

Memformulasikan gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, dan energi potensial listrik serta penerapannya pada keping sejajar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mendeskripsikan gaya listrik (hukum Coulomb) pada muatan titik.</li><li>• Mengaplikasikan hukum Coulomb dan hukum Gauss untuk mencari medan listrik bagi distribusi muatan kontinu.</li><li>• Menentukan energi potensial listrik dan kaitannya dengan gaya, medan listrik, dan potensial listrik.</li><li>• Memformulasikan prinsip kerja kapasitor keping sejajar.</li></ul>
--	--





(a)



(b)

Gambar 1. Cerobong asap pabrik  
sumber: <http://adityarizki.net>

## LISTRIK STATIS

Studi tentang listrik dibagi dua: listrik dinamis dan listrik statis. Listrik dinamis, yang mempelajari tentang muatan listrik yang bergerak (arus listrik), telah Anda pelajari di kelas X. Listrik statis, yang mempelajari tentang muatan listrik diam, akan Anda pelajari dalam modul ini.

Betapa kotor gas buang dari sebuah cerobong industri apabila tidak memasang pengendap elektrostatis (lihat gambar 1a). Tetapi dengan memasang sebuah pengendap elektrostatis pada cerobong, polusi udara dari gas buang menjadi sangat berkurang (lihat gambar 1b). Bagaimanakah prinsip listrik statis dimanfaatkan dalam suatu cerobong untuk mengurangi polusi udara?

Setiap benda tersusun dari atom-atom, dan setiap atom tersusun dari elektron yang bermuatan negatif, proton yang bermuatan positif dan neutron yang tidak bermuatan. Sebuah benda bermuatan negatif, jika atom penyusunnya kelebihan elektron, dan bermuatan positif jika atom penyusunnya kekurangan elektron. Jika jumlah muatan positif dan muatan negatif dalam sebuah benda sama banyak, maka benda tersebut dikatakan tidak bermuatan (netral).

Suatu sifat penting dari muatan adalah bahwa muatan listrik selalu kekal. Dengan demikian, ketika dua benda dimuati dengan saling menggosokkannya, muatan tidak diciptakan dalam proses ini. Benda-benda menjadi bermuatan karena muatan negatif dipindahkan dari satu benda ke benda lainnya. Benda yang satu memperoleh sejumlah muatan negatif sehingga akan bermuatan negatif. Sebaliknya, benda lainnya kehilangan sejumlah muatan negatif yang sama sehingga akan bermuatan positif. Secara total tidak tercipta muatan listrik karena muatan negatif dan muatan positif yang terjadi memiliki besar yang sama.

Pada tahun 1909, Robert Milikan (1886-1953) menemukan bahwa jika suatu benda dimuati, maka muatannya selalu merupakan kelipatan dari sebuah muatan elementer, yang diberi lambang  $e$ . Muatan elektron ( $e$ ) ditetapkan sebagai satuan muatan dasar, karena muatan elektron merupakan muatan terkecil yang bisa diamati. Dengan demikian, muatan listrik benda-benda lain sama dengan perkalian bilangan bulat dengan muatan elektron ini.

$$q = ne \quad (1)$$

dengan  $q$  = muatan listrik pada sebuah benda (C)

$n$  = bilangan bulat

$e$  = muatan elektron =  $1,60 \times 10^{-19}$  C

Dalam istilah modern dikatakan bahwa muatan-muatan listrik terkuantisasi. Hal ini berarti berkas-berkas elektron selalu diskrit dan hanya boleh memiliki muatan  $\pm e$ ,  $\pm 2e$ ,  $\pm 3e$ , dan seterusnya, tetapi tidak pernah dalam bentuk pecahan, seperti  $\pm 1,5e$ .

Satuan muatan listrik dalam SI adalah Coulomb (C). Muatan listrik dari proton dan elektron dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1		Muatan dan Massa Partikel Atomik	
Partikel	Simbol	Muatan (C)	Massa (Kg)
Proton	p	+e	$1,6726485 \times 10^{-27}$
Neutron	n	0	$1,6749543 \times 10^{-27}$
Elektron	E	-e	$9,109534 \times 10^{-31}$

Sumber: D. Halliday dan R. Resnick.1997.

### Analogi Massa dengan Muatan

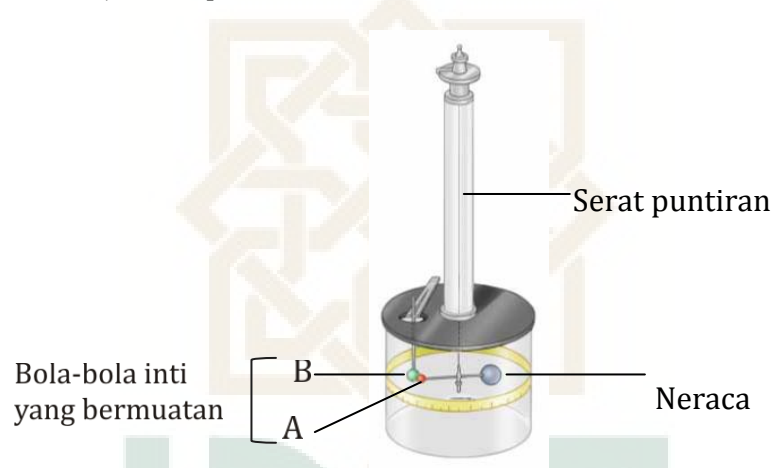
Muatan listrik dapat didefinisikan sebagai sifat benda yang dapat menimbulkan atau dipengaruhi medan listrik. Hal ini dapat dianalogikan dengan *massa* yang memiliki sifat dapat menimbulkan dan dipengaruhi oleh medan gravitasi. *Perbedaannya* massa hanya satu jenis, sedangkan muatan listrik memiliki jenis muatan positif dan negatif.

Tabel 2		Atribut Analogi Massa dengan Muatan	
Aspek yang Dianalogikan	Massa	Muatan	
<b>Sifat Benda</b>	Dapat menimbulkan dan dipengaruhi medan gravitasi ( <b>g</b> ).	Dapat menimbulkan dan dipengaruhi medan listrik ( <b>E</b> ).	
<b>Jenis</b>	Hanya memiliki satu jenis.	Memiliki jenis muatan positif dan negatif.	
<b>Sifat Gaya</b>	Hanya mengalami gaya tarik menarik.	Mengalami gaya tarik menarik dan gaya tolak menolak.	

## B Gaya Listrik

Dua muatan listrik yang sejenis saling tolak menolak dan yang tidak sejenis saling tarik menarik. Hal ini berarti antara dua muatan terjadi gaya listrik. Bagaimanakah pengaruh besar muatan dan jarak antara kedua muatan terhadap gaya listrik ini?

Hubungan gaya listrik antara dua bola bermuatan terhadap jarak antara keduanya, pertama kali diselidiki oleh fisikawan Perancis bernama *Charles Coulomb* pada tahun 1785. Untuk percobaannya, dia menggunakan sebuah neraca puntir, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Neraca Puntir Coulomb  
Sumber: Serway, 2001

Jika bola *A* bermuatan diletakkan pada tempatnya, maka bola *B* ditolak oleh bola *A* (bola *B* dan bola *A* keduanya bermuatan positif). Hal ini mengakibatkan lengan neraca terpuntir, dan dalam keadaan seimbang lengan neraca mencapai kedudukan yang baru. Dari sudut puntiran inilah Coulomb mengukur besar gaya listrik. Dengan mengubah-ubah jarak antara bola *B* dan bola *A*, gaya listrik dapat diukur sebagai fungsi jarak. Coulomb menyimpulkan bahwa *gaya tarik atau gaya tolak berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua bola bermuatan*. Secara matematis

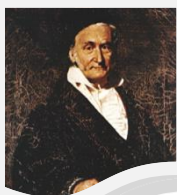
$$F \sim \frac{1}{r^2} \quad (2)$$

Bagaimana muatan mempengaruhi gaya listrik? Mula-mula Coulomb mengukur gaya antara bola  $A$  dan bola  $B$  pada suatu jarak tertentu (dijaga tetap dalam percobaan). Kemudian, dia membagi muatan bola  $A$  menjadi dua sehingga muatan  $A$  menjadi setengah muatan awalnya. Dia mendapatkan bahwa besar gaya tolak menjadi setengah kali semula. Percobaan diulangi dengan membagi muatan bola  $A$  menjadi seperempat muatan awalnya. Dia mendapatkan bahwa besar gaya tolak menolak menjadi seperempat kali semula. Coulomb menarik kesimpulan *bahwa gaya tarik atau gaya tolak antara dua bola bermuatan sebanding dengan muatan-muatannya.*

Secara matematis,

$$F \sim q_1 q_2 \quad (3)$$

Dengan menggabung kedua kesimpulan tersebut, Coulomb menyatakan hukumnya yang dinamakan ***hukum Coulomb***, yaitu sebagai berikut :



*Besar gaya tarik atau gaya tolak antara dua muatan listrik sebanding dengan muatan-muatannya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan.*

Hukum Coulomb dapat dinyatakan dalam bentuk yang lebih sederhana dengan menggunakan pernyataan matematik. Andaikan  $q_1$  dan  $q_2$  merupakan dua muatan titik yang terpisah sejauh  $r_{12}$  yang merupakan besar vektor  $\mathbf{r}_{12}$  yang mengarah dari  $q_1$  ke  $q_2$  (gambar 3). Gaya  $\mathbf{F}_{12}$  yang dilakukan  $q_1$  dan  $q_2$  adalah :



(a)

(b)

Gambar 3. (a) Muatan tidak sejenis tarik-menarik, (b) Muatan sejenis tolak-menolak

*Sumber: Tipler, 2001*



$$\mathbf{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12} \quad (4)$$

Dimana  $\hat{\mathbf{r}}_{12} = \mathbf{r}_{12}/r_{12}$  yaitu vektor satuan yang mengarah dari  $q_1$  ke  $q_2$  dan  $k$  adalah **tetapan Coulomb** yang mempunyai harga:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \quad (5)$$

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

Mengacu pada hukum Newton ketiga, gaya  $\mathbf{F}_{21}$  yang dilakukan  $q_2$  pada  $q_1$  adalah negatif dari  $\mathbf{F}_{12}$ . Dengan demikian  $\mathbf{F}_{21}$  mempunyai harga yang sama dengan  $\mathbf{F}_{12}$  tetapi mempunyai arah yang berlawanan. *Besar* dari gaya listrik yang dilakukan muatan  $q_1$  pada muatan lain  $q_2$  yang berada pada jarak  $r$  adalah sebagai berikut :

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (6)$$

### Analogi Konsep Gaya Gravitasi dan Gaya Listrik

Jika diperhatikan secara seksama, gaya listrik memiliki kemiripan dengan gaya gravitasi. Dengan demikian gaya listrik pada listrik statis ini dapat dianalogikan dengan gaya gravitasi Newton. Medan gravitasi ( $\mathbf{g}_1$ ) dari benda bermassa ( $m_1$ ), dapat memberikan gaya tarik terhadap benda lain bermassa ( $m_2$ ) yang berada di daerah medan gravitasi.

$$\mathbf{F}_{12} = \mathbf{g}_1 m_2 \quad (7)$$

$$\mathbf{F}_{12} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12} \quad (8)$$

Medan gravitasi ( $\mathbf{g}$ ) dari benda bermassa ( $m_2$ ), dapat memberikan gaya tarik terhadap benda lain bermassa ( $m_1$ ) yang berada di daerah medan gravitasi.

$$\mathbf{F}_{21} = \mathbf{g}_2 m_1 \quad (9)$$

$$\mathbf{F}_{21} = G \frac{m_1 m_2}{r_{21}^2} \hat{\mathbf{r}}_{21} \quad (10)$$

Medan listrik maupun medan gravitasi dua buah benda yang saling berdekatan sesungguhnya saling berinteraksi, tetapi untuk sistem atomik yang massa protonnya  $1,6726485 \times 10^{-27}$  kg, dan muatannya  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C gaya listrik jauh lebih besar dari gaya gravitasi ( $1,24 \times 10^{36}: 1$ ), sehingga gaya listrik tampak dominan dibandingkan gaya gravitasi Newton.

Tabel 3 Atribut Analogi Gaya Gravitasi dengan Gaya Listrik		
Aspek yang Dianalogikan	Gaya Gravitasi	Gaya Listrik
Rumus	$\mathbf{F}_{12} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12}$	$\mathbf{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12}$
Sumber	Berbanding lurus perkalian dua massa.	Berbanding lurus perkalian dua muatan.
Kekuatan	Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.	Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.
Tetapan Kesebandingan	Tetapan kesebandingan $G$ . Bernilai sangat kecil yakni $6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .	Tetapan kesebandingan $k$ . Bernilai sangat besar yakni $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .
Sifat	Gaya gravitasi hanya tarik menarik.	Gaya listrik selain tarik menarik (kedua muatan berbeda) dapat juga tolak menolak (kedua muatan sama).



### Contoh 1

Elektron dan proton dari sebuah atom hidrogen terpisahkan dengan jarak  $5,3 \times 10^{-11}$  m. Tentukan besar gaya listrik dan gaya gravitasi antara kedua partikel tersebut!

**Diketahui :** jarak antara dua partikel  $r = 5,3 \times 10^{-11}$  m

**Ditanyakan :** Besar gaya listrik ( $F_e$ ) ?

Besar gaya gravitasi ( $F_g$ )?

**Penyelesaian :**

Dari hukum Coulomb, kita tentukan besar gaya listrik adalah

$$F_e = k \frac{|e||-e|}{r^2} = (9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2) \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5,3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$
$$= 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Dengan menggunakan hukum Newton tentang gravitasi universal dan data dari tabel 1 untuk massa partikelnya, kita tentukan bahwa besar dari gaya gravitasi adalah

$$F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2}$$
$$= (6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) \frac{(9,11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1,67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(5,3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$
$$= 3,6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

Perbandingan antara gaya listrik dan gaya gravitasi  $F_e/F_g \approx 2 \times 10^{39}$ . Dengan demikian, gaya listrik jauh lebih besar dari gaya gravitasi. Sehingga setiap interaksi antara dua muatan dalam gaya listrik, besarnya gaya gravitasi selalu diabaikan.



### Soal 1

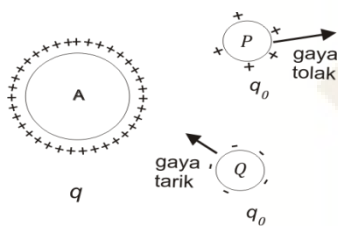
Dua muatan titik,  $q_1 = +25$  nC dan  $q_2 = -75$  nC, terpisah sejauh 3 cm. Carilah besar dan arah dari:

- Gaya listrik yang dikerahkan oleh,  $q_1$  pada  $q_2$ .
- Gaya listrik yang dikerahkan oleh,  $q_2$  pada  $q_1$ .

## C Medan Listrik

### 1. Definisi medan listrik

Mirip dengan medan gravitasi, medan listrik didefinisikan sebagai *ruang di sekitar suatu muatan listrik sumber dimana muatan listrik lainnya dalam ruangan ini akan mengalami gaya Coulomb atau gaya listrik (tarik atau tolak)*. Pada gambar 4 ditunjukkan bahwa pada ruang sekitar muatan sumber  $A$  yang bermuatan  $q$  dihasilkan medan listrik. Apa yang terjadi dengan muatan lain  $P$  (positif) dan  $Q$  (negatif) jika keduanya diletakkan dalam ruang medan listrik ini? Pada gambar ditunjukkan bahwa muatan positif  $P$  mengalami gaya tolak, sedangkan muatan negatif  $Q$  mengalami gaya tarik.



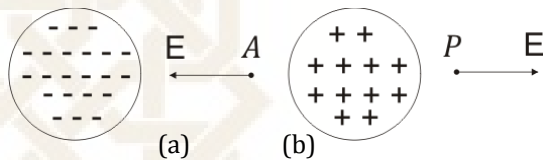
Gambar 4.

Gaya listrik yang bekerja pada muatan-muatan yang diletakkan dalam ruang di sekitar benda muatan sumber  $A$

Benda bermuatan yang menghasilkan medan listrik kita namakan *muatan sumber*. Muatan lain yang kita taruh dalam pengaruh medan listrik muatan sumber kita namakan *muatan uji*. *Kuat medan listrik* pada lokasi dimana muatan uji berada kita definisikan sebagai gaya Coulomb (gaya listrik) yang bekerja pada muatan uji itu dibagi dengan besar muatan uji.

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} \quad (11)$$

dengan  $q_0$  adalah besar muatan uji. Perhatikan bahwa medan listrik pada lokasi  $q_0$  dihasilkan oleh muatan  $q$ , bukan medan listrik yang dihasilkan oleh  $q_0$ . Kuat medan listrik adalah besaran vektor yang memiliki satuan SI, Newton per Coulomb (N/C). *Arah kuat medan listrik  $\mathbf{E}$*  pada suatu titik didefinisikan sebagai arah gaya listrik yang akan dikerjakan pada suatu muatan uji positif yang diletakkan pada titik itu.



Gambar 5.

- Kuat medan listrik di  $A$  karena muatan sumber negatif berarah horizontal ke kiri *menuju* muatan *negatif*.
- Kuat medan listrik di  $P$  karena muatan sumber positif berarah horizontal ke kanan *menjauhi* muatan sumber *positif*.

Dengan demikian, kuat medan listrik di titik A pada gambar (5a) berarah horisontal ke kiri karena muatan uji positif yang ditaruh di titik ini akan mengalami *gaya tarik* menuju ke muatan sumber *negatif*.

Persamaan (11) dapat kita tulis sebagai

$$\mathbf{F} = q_0 \mathbf{E} \quad (12)$$

yang berarti bahwa untuk muatan uji  $q_0$  positif, arah vektor gaya  $\mathbf{F}$  searah dengan arah vektor  $\mathbf{E}$ , sedangkan untuk muatan uji  $q_0$  negatif, arah gaya  $\mathbf{F}$  berlawanan dengan arah vektor  $\mathbf{E}$ .

## 2. Formulasi kuat medan listrik pada suatu titik

Misalkan pada sebuah titik  $P$  berjarak  $r$  dari sebuah muatan sumber  $q$  diletakkan sebuah muatan uji  $q_0$ . Menurut hukum Coulomb, besar gaya listrik yang bekerja pada muatan uji adalah

$$F = k \frac{qq_0}{r^2} \quad (13)$$

Karena kuat medan listrik  $\mathbf{E}$  didefinisikan sebagai besar gaya listrik per muatan uji, maka

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{k \frac{qq_0}{r^2}}{q_0} = k \frac{q}{r^2} \quad (14)$$

Seperti halnya gaya Coulomb, jika medium dimana muatan sumber benda berada adalah vakum atau udara, maka

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

dan persamaan (14) dapat ditulis sebagai :

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (15)$$



### 3. Hukum Gauss

Seperti halnya medan gravitasi sebagai medan vektor dapat divisualisasikan dengan menggunakan garis-garis medan. Garis-garis medan gravitasi adalah garis-garis bersambungan yang selalu berarah menuju ke massa sumber medan gravitasi. Makin rapat garis-garis medan gravitasi di suatu tempat berarti makin besar kuat medan gravitasi di tempat itu.

Hal yang sama dijumpai dalam medan listrik, di mana medan listrik juga dapat divisualisasikan dengan menggunakan *garis-garis medan listrik*.

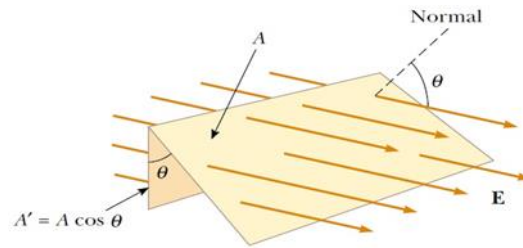
Tiga sifat tentang garis-garis medan listrik :

- Garis-garis medan listrik *tidak* pernah berpotongan
- Garis-garis medan listrik selalu mengarah radial keluar *menjauhi* muatan *positif* dan radial ke dalam *mendekati* muatan *negatif*
- Tempat dimana garis-garis medan listrik *rapat* menyatakan tempat yang medan listriknya *kuat* sedangkan tempat dimana garis-garis medan listrik *renggang* menyatakan tempat yang medan listriknya *lemah*.

Suatu teknik sederhana untuk menentukan kuat medan listrik bagi distribusi muatan kontinu telah dikembangkan oleh *Karl Friedrich Gauss* (1777-1855). Gauss menurunkan hukumnya berdasar pada konsep garis-garis medan listrik. Fluks listrik didefinisikan sebagai jumlah garis-garis medan listrik yang menembus tegak lurus suatu bidang, dan dirumuskan sebagai,

$$\Phi = EA \cos \theta \quad (16)$$

dengan  $\theta$  adalah sudut antara arah  $\mathbf{E}$  dan arah normal bidang  $\mathbf{n}$ . Arah normal bidang adalah arah yang *tegak lurus* terhadap bidang seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Garis-garis medan listrik yang menembus tegak lurus suatu bidang  
sumber: Serway, 2001

Dari konsep fluks listrik inilah, Gauss menemukan hukumnya. Hukum Gauss dinyatakan sebagai berikut:



*Jumlah garis-garis medan listrik (fluks listrik) yang menembus suatu permukaan tertutup sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup itu dibagi dengan permitivitas udara  $\epsilon_0$ .*

$$\Phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0} \quad (17)$$

dengan

$A$  = luas permukaan tertutup ( $m^2$ )

$\theta$  = sudut antara medan listrik  $E$  dan arah normal  $n$  ( $^\circ$ )

$\sum q$  = muatan total yang dilingkupi oleh permukaan tertutup (C)

$E$  = medan listrik (N/C)

$\epsilon_0$  = permitivitas ruang hampa ( $8,85 \times 10^{-12} C^2/N m^2$ )

$\Phi$  = fluks listrik pada permukaan Gauss ( $N m^2/C$ )

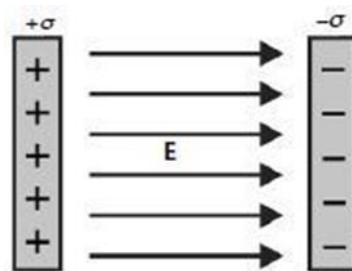
#### 4. Perhitungan Medan Listrik dengan Menggunakan Hukum Gauss

- Kuat Medan Listrik untuk Konduktor Dua Keping Sejajar

Misalkan luas tiap keping  $A$  dan masing-masing keping diberi muatan sama tetapi berlawanan jenis  $+q$  dan  $-q$ . Kita definisikan rapat muatan listrik  $\sigma$  sebagai muatan per satuan luas

$$\sigma = \frac{q}{A} \quad (18)$$

Sesuai persamaan (17), maka jumlah garis medan yang menembus pelat adalah



Gambar 7.

Medan Listrik antara Dua Keping Sejajar  
sumber: Marthen Kenginan, 2010

$$\Phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

karena medan listrik  $\mathbf{E}$  menembus keping secara *tegak lurus* (gambar 7), maka  $\theta = 0^\circ$ , dan  $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$ , sehingga persamaan (17) menjadi:

$$EA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \left(\frac{q}{A}\right) \frac{1}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (19)$$

dengan  $\mathbf{E}$  = kuat medan listrik dalam ruang antara kedua keping (N/C) dan  $\sigma$  = rapat muatan keping (C/m<sup>2</sup>). Kuat medan listrik di luar keping sama dengan nol sebab muatan listrik tidak terdapat di luar keping.

- Kuat medan listrik untuk konduktor bola berongga

Bila konduktor bola berongga diberi muatan, maka muatan itu tersebar merata di permukaan bola (*di dalam bola itu sendiri tidak ada muatan*). Untuk ( $r < R$ ) muatan yang dilingkupi oleh permukaan sama dengan nol sebab di dalam bola tidak ada muatan ( $q = 0$ ). Sesuai dengan persamaan (17):

$$EA = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sum q}{A\epsilon_0} \text{ karena } q = 0, \text{ maka } E \frac{0}{A\epsilon_0} = 0$$

Jadi, di dalam bola, kuat medan listrik sama dengan nol.

Sedangkan untuk ( $r > R$ ) muatan yang dilingkupi oleh permukaan paling luar ini sama dengan muatan  $q$ , seperti ditunjukkan pada gambar 8.

Kuat medan listrik di luar bola, sesuai

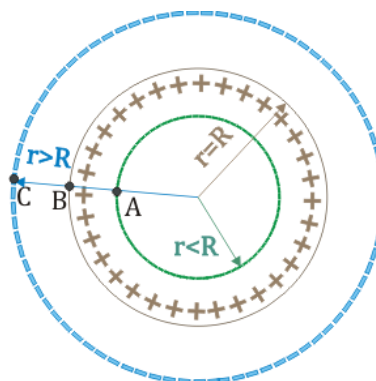
dengan persamaan (17):

$$EA = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{A\epsilon_0}$$

Luas bola  $A = 4\pi r^2$ , sehingga

$$E = \frac{q}{4\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$



Gambar 8.

Medan Listrik pada Konduktor Bola Berongga

sumber: Marthen Kenginan, 2010

Dapat kita simpulkan bahwa besar kuat medan listrik untuk bola konduktor berongga bermuatan adalah :

$$\text{Di dalam kulit bola } (r < R) \implies E = 0 \quad (20)$$

$$\text{Di kulit dan luar bola } (r \geq R) \implies E = \frac{q}{4\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (21)$$

Dengan  $r$  adalah jarak muatan titik dari pusat bola.

### Analogi Kuat Medan Gravitasi dan Kuat Medan Listrik

Kuat medan listrik ini dapat kita analogikan dengan kuat medan gravitasi yang lebih dikenal dengan istilah percepatan gravitasi. Perbedaannya pada medan gravitasi hanya memiliki arah medan yang menuju arah sumber, sedangkan medan listrik memiliki arah menuju untuk muatan negatif dan meninggalkan atau dari sumber untuk muatan positif.

Kuat medan gravitasi dipresentasikan dengan persamaan (22):

$$\mathbf{g} = G \frac{m}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (22)$$

Tabel 4

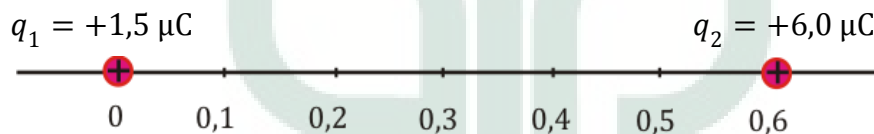
Atribut Analogi Medan Gravitasi dengan Medan Listrik

Aspek yang Dianalogikan	Medan Gravitasi	Medan Listrik
Rumus	$\mathbf{g} = G \frac{m}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$	$\mathbf{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$
Sumber	Berbanding lurus dengan massa.	Berbanding lurus dengan muatan.
Kekuatan	Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.	Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.
Tetapan Kesebandingan	Tetapan kesebandingan $G$ . Bernilai sangat kecil yakni $6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .	Tetapan kesebandingan $k$ . Bernilai sangat besar yakni $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .
Arah Medan	Arah medan gravitasi selalu menuju pusat massa.	Arah kuat medan listrik menuju pusat muatan negatif atau meninggalkan pusat muatan positif.



### Contoh 2

Dua buah muatan terletak seperti pada gambar. Di manakah (pada sumbu- $x$ ) titik yang medan listriknya nol?



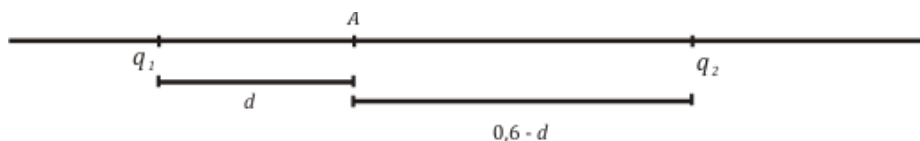
**Diketahui** :  $q_1 = +1,5 \mu\text{C}$  ;  $q_2 = +6,0 \mu\text{C}$

**Ditanyakan** : titik dimana medan listrik  $\vec{E}$  sama dengan nol?



**Penyelesaian :**

Misalkan titik yang dimaksud adalah titik A.



Dari persamaan (14) :



$$E_1 = E_2 \text{ atau } k \frac{q_1}{d^2} = k \frac{q_2}{(0,6 - d)^2}$$

$$\frac{q_1}{d^2} = \frac{q_2}{(0,6 - d)^2}$$

Karena  $q_1 = \frac{1}{4}q_2$ , maka bisa dituliskan

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{(0,6 - d)^2}$$

Kita akarkan sisi kiri dan kanan persamaan di atas sehingga diperoleh :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{2}{0,6 - d}$$

$$0,6 - d = 2d$$

$$0,6 - d = 2d$$

$$0,6 = 3d$$

$$d = \frac{0,6}{3} = 0,2 \text{ m}$$

Jadi, titik A berjarak 0,2 m dari  $q_1$ .



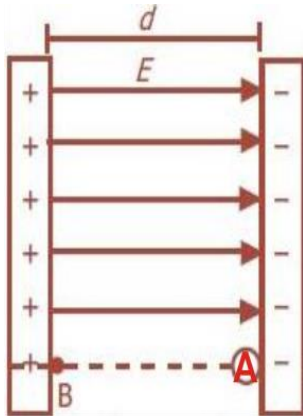
## Soal 2

Dengan menggunakan hukum Coulomb carilah besarnya medan listrik di sebuah titik medan yang jauhnya 2 m dari sebuah muatan titik  $q = 4 \text{ nC}$ !

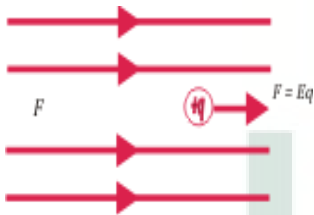


## Pertanyaan Diskusi

1. Dua partikel bermuatan identik terpisah sejauh  $d$ . Dimanakah muatan uji ketiga harus diletakkan agar muatan ini tidak mengalami gaya?
2. Suatu titik berjarak  $x$  dari muatan sumber  $q$  mengalami kuat medan listrik **E**. Berapakah kuat medan listrik:
  - a. Pada titik berjarak  $2x$  dari muatan sumber  $q$ ?
  - b. Pada titik berjarak  $x$  dari muatan sumber  $q$ ?



Gambar 9. Medan Listrik antara dua pelat muatan berbeda



Gambar 10. Gaya  $F = Eq$  yang dialami sebuah muatan  $q$  yang berada diantara kedua pelat

Ketika kita membahas gerak sebuah benda dari satu tempat ke tempat lain dalam medan gravitasi bumi, kita telah mengenal pengertian energi potensial gravitasi. Untuk mengangkat benda bermassa  $m$  setinggi  $h$ , diperlukan gaya ke atas sebesar  $mg$  untuk melawan gaya gravitasi bumi. Usaha yang dilakukan untuk mengangkat benda ini sama dengan  $mgh$ .

Hal yang sama juga berlaku pada bidang kelistrikan. Benda-benda bermuatan listrik terkadang juga memiliki energi potensial listrik yang bisa diubah menjadi energi kinetik. Untuk membahas energi potensial listrik ini, perhatikan dua pelat parallel bermuatan seperti pada gambar 9.

Medan listrik diantara kedua pelat bernilai konstan, yaitu  $E$  dan arahnya dari pelat bermuatan positif ke pelat negatif seperti ditunjukkan pada gambar 9. Pada gambar 10 ditunjukkan medan listrik yang bekerja pada sebuah muatan titik positif  $q$  yang berada diantara kedua pelat. Besar gaya yang dialami muatan tersebut,  $F = qE$ .

Sekarang, andaikan benda bermuatan tersebut awalnya berada di titik A (gambar 9). Jika kita membawa benda ini ke titik B, maka kita harus mengerahkan gaya  $F$  sepanjang  $d$ . Dengan demikian, besarnya usaha yang dilakukan dari titik A ke titik B sama dengan

$$W_{AB} = Fd = qEd \quad \mathbf{E} \text{ konstan.}$$

Usaha tersebut identik dengan usaha yang diperlukan untuk mengangkat benda melawan gaya tarik gravitasi.

Setelah benda bermuatan tersebut sampai di titik B, kita dapat melepaskan benda tersebut, sehingga benda bermuatan akan bergerak dengan sendirinya ke titik A. Di sini telah terjadi perubahan energi potensial menjadi energi kinetik. Kita

definisikan energi potensial listrik sebuah muatan pada titik  $B$  relatif terhadap titik  $A$  sebagai usaha yang dilakukan untuk melawan gaya listrik untuk memindahkan benda dari  $A$  ke  $B$ .

$$W_{AB} = \Delta EP = EP_B - EP_A$$

Perhatikan kembali gambar 10. Perbedaan energi potensial antara titik  $A$  dan titik  $B$  adalah

$$W_{AB} = EP_B - EP_A = qEd \quad (23)$$

Jika kita bagi persamaan (23) dengan  $q$ , maka kita peroleh

$$\frac{EP_B - EP_A}{q} = V_B - V_A \quad (24)$$

Besaran ini, yaitu  $EP/q$  disebut sebagai *potensial listrik, yang dilambangkan dengan  $V$* , dan dinyatakan dalam satuan joule per coulomb (atau Volt). Perlu diperhatikan bahwa potensial listrik tidak bergantung pada jenis muatan (berbeda dengan energi potensial listrik yang besarnya bergantung pada jenis muatan listrik).

Perbedaan potensial antara titik  $A$  dan  $B$  sering disebut sebagai *beda potensial* atau *tegangan*, yang dituliskan sebagai

$$V_{AB} = V_B - V_A = Ed \quad (25)$$

Jadi, bisa disimpulkan bahwa beda potensial atau tegangan antara titik  $A$  dan  $B$  adalah perbedaan energi potensial sebuah muatan listrik diantara kedua titik dibagi dengan besarnya muatan listrik tersebut. Sebuah muatan titik akan memberikan potensial listrik. Pada jarak  $r$  dari muatan titik  $q$ , besarnya potensial listrik sama dengan

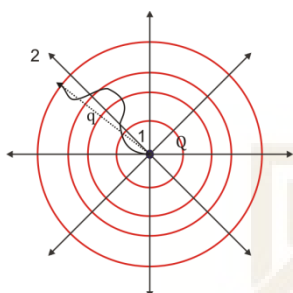
$$V = k \frac{q}{r} \quad (26)$$

## Analogi Energi Potensial Listrik dan Energi Potensial Gravitasi

Untuk mempermudah dalam pemahaman energi potensial listrik mari kita analogikan dengan energi potensial gravitasi.

### Energi potensial listrik

Perhatikan gambar berikut!



Gambar 11. Muatan listrik  $q$  berpindah dari titik 1 ke titik 2 dalam medan listrik.

Untuk memindahkan muatan  $q$  dari titik 1 ke titik 2 di dalam medan konservatif tidak dipengaruhi oleh lintasan, melainkan hanya ditentukan oleh keadaan awal dan akhir.

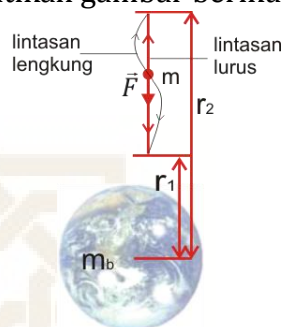
Misal gaya  $\mathbf{F}$  bekerja untuk memindahkan muatan  $q$  dari posisi titik 1 ke titik 2 di dalam medan listrik  $\mathbf{E}$ , maka usaha yang dilakukan adalah:

$$W_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (27)$$

Kerja yang dilakukan dalam memindahkan muatan  $q$  tersebut adalah untuk melawan pengaruh medan listrik, dimana setiap titik di dalam medan listrik memiliki energi potensial listrik tertentu.

### Energi potensial Gravitasi

Perhatikan gambar berikut!



Gambar 12. Kerja yang dilakukan oleh gaya gravitasi  $\vec{F}$  ketika benda bergerak dari koordinat radial  $r_1$  ke  $r_2$ .

Penjelasan mengenai energi potensial listrik disamping memiliki analogi dengan materi yang sebelumnya dipelajari yakni energi potensial gravitasi.

Untuk mengangkat benda bermassa  $m$  dari posisi  $r_1$  menuju  $r_2$  diperlukan gaya ke atas untuk melawan medan gravitasi yang selalu menuju pusat bumi. Dengan demikian, usaha yang dilakukan gaya gravitasi untuk perpindahan  $d\vec{r}$  dapat dihitung dengan menggunakan integral:

$$W_{grav} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F}_{grav} \cdot d\vec{r} \quad (32)$$

Kita ketahui bahwa  $\vec{F}_{grav} = G \frac{m_B m}{r^2} \hat{r}$  maka

## Energi potensial Listrik

$$W_{12} = q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$W_{12} = q \int_1^2 \frac{kQ}{r^2} d\vec{r}$$

$$W_{12} = kQq \int_1^2 \frac{1}{r^2} d\vec{r}$$

ingat  $\frac{1}{r^2} = r^{-2}$

$$W_{12} = kQq \int_1^2 r^{-2} d\vec{r}$$

$$W_{12} = kQq \left( \frac{r^{-2+1}}{-2+1} \right)_1^2$$

ingat  $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$

$$W_{12} = kQq \left( \frac{r^{-1}}{-1} \right)_1^2 = -kQq \left( \frac{1}{r} \right)_1^2$$

$$W_{12} = -kQq \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Karena ini merupakan gaya konservatif maka

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = -W_{12}$$

Sehingga,

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1$$

$$= kQq \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

## Energi potensial Gravitasi

$$W_{grav} = \int_{r_1}^{r_2} G \frac{m_B m}{r^2} d\vec{r}$$

Karena  $G$ ,  $m_B$ , dan  $m$  tidak bergantung pada variabel integral  $r$ , maka bagian tersebut dapat dikeluarkan dari tanda integral:

$$W_{grav} = Gm_B m \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r^2} d\vec{r}$$

ingat  $\frac{1}{r^2} = r^{-2}$

$$W_{grav} = Gm_B m \int_{r_1}^{r_2} r^{-2} d\vec{r}$$

ingat  $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$

$$W_{grav} = Gm_B m \left( \frac{r^{-1}}{-1} \right)_{r_1}^{r_2}$$

$$= -Gm_B m \left( \frac{1}{r} \right)_{r_1}^{r_2}$$

$$W_{grav} = -Gm_B m \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Karena ini merupakan gaya konservatif maka

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = -W_{grav}$$

Sehingga,

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = Gm_B m \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$



## Energi potensial Listrik

Atau juga dapat ditulis :

$$\Delta EP_{12} = \left( \frac{kQq}{r_2} - \frac{kQq}{r_1} \right) \quad (28)$$

Berdasarkan persamaan (28), maka energi potensial listrik secara umum dapat ditulis sebagai :

$$EP = \frac{kQq}{r} \quad (29)$$

Persamaan umum di atas juga dapat dipresentasikan dalam bentuk persamaan lain

$$\Delta EP_{12} = \left( \frac{kQq}{r_2} - \frac{kQq}{r_1} \right)$$

$$\Delta EP_{12} = kQq \left( \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \right)$$

Penyebut diatas dapat kita tulis dengan  $r^2$ , jadi

$$\Delta EP_{12} = kQq \left( \frac{r_1 - r_2}{r^2} \right) \quad (30)$$

Karena  $\frac{kQ}{r^2} = E$ , maka

$$\Delta EP_{12} = qE(r_1 - r_2)$$

Jika kita ganti  $(r_1 - r_2)$  dengan  $d$ , maka

$$EP = qEd \quad (31)$$

## Energi potensial Gravitasi

Atau juga dapat ditulis :

$$\Delta EP_{12} = \left( \frac{Gm_B m}{r_2} - \frac{Gm_B m}{r_1} \right) \quad (33)$$

Berdasarkan persamaan (33), maka energi potensial gravitasi secara umum dapat ditulis sebagai :

$$EP = \frac{Gm_B m}{r} \quad (34)$$

Lalu kenapa kemudian energi potensial gravitasi sering di tulis dengan

$$EP = mgh$$

Berikut penjelasannya :

Ketika

$$\Delta EP_{12} = \left( \frac{Gm_B m}{r_2} - \frac{Gm_B m}{r_1} \right)$$

$$= Gm_B m \left( \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \right)$$

Jika  $r_1 r_2 = r^2$ , maka

$$\Delta EP_{12} = Gm_B m \left( \frac{r_1 - r_2}{r^2} \right) \quad (35)$$

Karena  $\vec{g} = G \frac{m_B}{r^2}$ , maka

$$\Delta EP_{12} = mg(r_1 - r_2)$$

Misal kita ganti selisih  $(r_1 - r_2)$  dengan  $h$ , maka

$$EP = mgh \quad (36)$$

Tabel 5 Energi Potensial		
Gravitasi $EP = mgh$	Analogi dengan	Listrik $EP = qEd$
Massa $m$	—————→	Muatan listrik $q$
Medan gravitasi $g$	—————→	Medan listrik $E$
Jarak massa dengan permukaan bumi $h$	—————→	Jarak antar keping $d$



### Contoh 3

Misalkan bahwa pelat paralel seperti pada gambar 10 dimuati oleh baterai 12 V dengan jarak keping  $BA$  adalah 0,50 cm. Kedua keping berada dalam vakum.

- Tentukan besar kuat medan listrik diantara kedua keping tersebut.
- Tentukan beda potensial antara titik  $C$  yang berjarak 2 cm dari  $A$  dengan titik  $A$ .

**Diketahui :** beda potensial  $\Delta V_{AB} = 12$  volt

Jarak keping  $BA$ ,  $d = 0,50$  cm =  $5 \times 10^{-3}$  m

**Ditanyakan :** Kuat medan listrik  $E$  ?

Beda potensial  $\Delta V_{AC}$ ?

**Penyelesaian :**

- Besar kuat medan  $E$  antar keping adalah homogen dan dihitung dengan persamaan (25)

$$\Delta V_{AB} = Ed$$

$$E = \frac{\Delta V_{AB}}{d} = \frac{12}{5 \times 10^{-3}} = 2400 \text{ V/m}$$

- Jika kita tentukan bahwa  $V = 0$  di pelat  $A$ , maka potensial pada sembarang titik yang jaraknya  $x$  dari  $A$  adalah  $V(x) = Ex$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \Delta V_{AC} &= Ex \text{ dengan } x = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \\ &= (2400)(2 \times 10^{-2}) = 48 \text{ volt} \end{aligned}$$



### Soal 3

Sebuah muatan positif ( $q = 1,6 \times 10^{-9}$  C) digerakkan menuju sebuah inti atom yang bermuatan  $Q$ . Jarak pisah awal kedua partikel tersebut adalah  $2 \times 10^{-11}$  m dan jarak pisah akhirnya adalah  $1,5 \times 10^{-11}$  m. Jika usaha yang diperlukan untuk memindahkan  $1,44 \times 10^{-17}$  J, tentukan muatan inti atom tersebut.

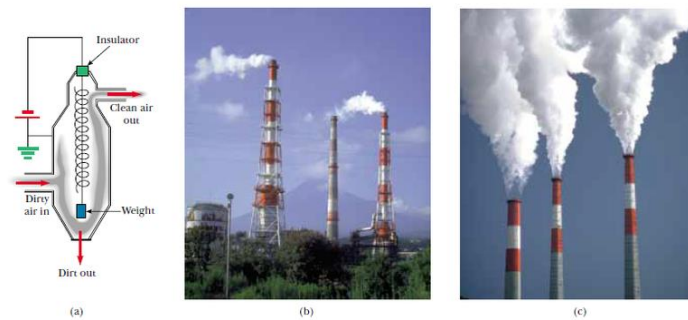


### Fisika di Sekitar Kita

#### Pengendap Elektrostatis Sebagai Sebuah Solusi Ramah Lingkungan

Alat pengendap elektrostatis digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relatif besar dan pengotor udaranya adalah aerosol atau uap air. Alat ini dapat membersihkan udara secara cepat dan udara yang keluar dari alat ini sudah relatif bersih.

Alat pengendap elektrostatis ini menggunakan arus searah (DC) yang mempunyai tegangan antara 25 – 100 kV. Alat pengendap ini berupa tabung silinder dimana dindingnya diberi muatan positif, sedangkan di tengah ada sebuah kawat yang merupakan pusat silinder, sejajar dinding tabung, diberi muatan negatif. Adanya perbedaan tegangan yang cukup besar akan menimbulkan *corona discharge* di daerah sekitar pusat silinder. Hal ini menyebabkan udara kotor seolah-olah mengalami ionisasi. Kotoran udara menjadi ion negatif sedangkan udara bersih menjadi ion positif dan masing-masing akan menuju ke elektroda yang sesuai. Kotoran yang menjadi ion negatif akan ditarik oleh dinding tabung sedangkan udara bersih akan berada di tengah-tengah silinder dan kemudian terhembus keluar.



Gambar 13.  
Alat pengendap elektrostatis  
Sumber: <http://adityarizki.net>

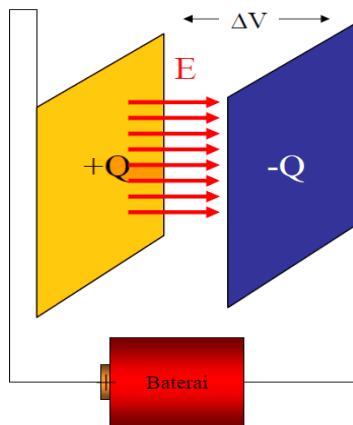
Gambar 13(a) menunjukkan diagram skematik dari sebuah pengendap elektrostatis. Potensial listrik negatif yang tinggi tertahan pada kumparan kawat yang ada di bagian tengah membentuk sebuah lompatan listrik di sekitar kawat. Gambar 13(b) menunjukkan contoh aplikasi pengendap elektrostatis, sedangkan gambar 13(c) adalah gambar cerobong tanpa pengendap elektrostatis. Jika dibandingkan, gambar 13(c) akan menghasilkan polusi udara lebih besar dibanding gambar 13(b). Jika intensitas pembuangan gas (asap pabrik) terlalu banyak, maka akan merusak lingkungan disekitarnya. Hal terburuk yang akan terjadi secara perlahan-lahan adalah rusaknya lapisan ozon di atmosfer yang merupakan salah satu bentuk penyebab pemanasan global (*global warming*).

Pengendap Elektrostatis merupakan salah satu cara agar industri yang berpotensi menghasilkan limbah debu menjadi ramah lingkungan, setidaknya dapat mengurangi kandungan polutan yang dibuang melalui cerobong.

## E Kapasitor

### 1. Kapasitansi Kapasitor

Medan listrik yang ada diantara konduktor-konduktor bermuatan menyimpan energi listrik. Perhatikan pelat paralel pada gambar 14 berikut.



Gambar 14. Kapasitor keping sejajar

Susunan konduktor seperti pada gambar 14 ini merupakan salah satu contoh kapasitor. Untuk memindahkan muatan dari satu pelat ke pelat lainnya, diperlukan usaha. Baterai pada rangkaian tersebut memindahkan elektron dari pelat positif ke pelat negatif. Baterai terus menerus melakukan proses ini sampai pada saat tertentu, perbedaan potensial antara kedua pelat sama dengan potensial baterai. Sebagai akibatnya, pada pelat paralel terdapat medan listrik statis yang serba sama.

Ketika kedua pelat ini diputuskan dari baterai, kedua pelat kapasitor ini masih menyimpan energi listrik. Jadi, kapasitor berfungsi sebagai penyimpan energi listrik.

Kemampuan sebuah kapasitor menyimpan energi listrik disebut kapasitansi kapasitor (kapasitansi)  $C$  yang dirumuskan dengan

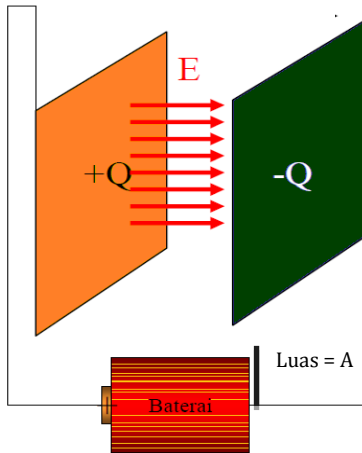
$$C = \frac{Q}{V} \quad (37)$$

Satuan SI dari kapasitansi dinamakan **Farad** (F), untuk menghormati fisikawan Inggris abad XIX yaitu Michael Faraday. Dari persamaan (37), satu Farad sama dengan satu *Coulomb per volt* (C/V):

$$1\text{F} = 1 \text{ Farad} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ Coulomb/volt}$$



## 2. Formulasi Kapasitansi Kapasitor Keping Sejajar



Untuk menghitung kapasitansi kapasitor kita tentukan dahulu kuat medan listrik homogen  $E$  dalam ruang antara dua keping. Kemudian kita hitung  $V$  dengan  $E$ . Selanjutnya, kapasitansi kapasitor dapat kita tentukan dengan persamaan (37). Telah kita ketahui bahwa besar kuat medan listrik  $E$  dalam ruang antar keping kapasitor keping sejajar adalah  $E = \sigma/\epsilon_0$  dengan rapat muatan  $\sigma = Q/A$ . Dengan demikian,

Gambar 15. Kapasitor keping sejajar dengan luas tiap pelat  $A$  dan jarak pisah  $d$ . Tiap pelat bermuatan sama tapi beda jenis.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q/A}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (38)$$

Kita ketahui bahwa hubungan antara beda potensial  $V$  dan  $E$  pada kapasitor keping sejajar adalah  $V = Ed$ . Dengan demikian,

$$V = Ed = \left( \frac{Q}{\epsilon_0 A} \right) d = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \quad (39)$$

Sekarang kita dapat menghitung kapasitansi  $C$  dari kapasitor keping sejajar, dengan menggunakan Persamaan (37)

*Kapasitansi kapasitor keping sejajar*

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (40)$$

Dengan  $\epsilon_0 =$  permitivitas vakum/udara =  $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ ,  $A =$  luas tiap keping, dan  $d =$  jarak pisah antar keping.

Kapasitansi sebuah kapasitor hanya tergantung pada ukuran geometrisnya saja.

### 3. Pengaruh Dielektrik terhadap Kapasitansi Kapasitor

Dielektrik adalah suatu bahan isolasi, seperti kertas, karet, kaca atau plastik. Ketika sebuah dielektrik disisipkan dalam ruang antar keping-keping sebuah kapasitor, kapasitansi kapasitor akan meningkat.

Berapa besarkah meningkatnya kapasitansi kapasitor setelah disisipi dielektrik? Coba perhatikan bahwa persamaan (40) hanya berlaku untuk dielektrik udara atau *vakum*. Karena itu sebaiknya persamaan (40) kita tulis sebagai berikut :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Dengan  $C_0$  adalah kapasitansi kapasitor tanpa dielektrik (dielektrik udara). Jika antara kedua keping kapasitor kita sisipi dielektrik, maka permitivitas vakum  $\epsilon_0$  harus kita ganti dengan permitivitas dielektrik  $\epsilon$ . Kita ketahui bahwa  $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ , dengan  $\epsilon_r$  adalah *permitivitas relatif dielektrik* atau disebut juga *tetapan dielektrik*. Dengan demikian, kapasitansi kapasitor dalam dielektrik  $C_D$  adalah

$$C_D = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (41)$$

Definisi permitivitas relatif  $\epsilon_r$ , dapat kita peroleh melalui perbandingan antara kapasitansi dengan dielektrik ( $C_D$ ) dengan kapasitansi tanpa dielektrik ( $C_0$ ).

$$\frac{C_D}{C_0} = \frac{\frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}}{\frac{\epsilon_0 A}{d}} = \epsilon_r$$

$$\epsilon_r = \frac{C_D}{C_0} \text{ atau } C_D = \epsilon_r C_0 \quad (42)$$

Dari persamaan (42) dapatlah kita mendefinisikan permitivitas relatif dielektrik. **Permitivitas relatif adalah perbandingan antara kapasitansi kapasitor dalam dielektrik dan kapasitansi kapasitor dalam vakum.**

#### 4. Energi Listrik pada Kapasitor

Jika kapasitor dimuati, maka terjadi perpindahan muatan dari konduktor dengan potensial rendah ke potensial tinggi. Misalkan kapasitor dalam keadaan tak bermuatan dan dimuati sampai  $Q$ , beda potensial antara ujung-ujung kapasitor  $V_{ab}$ , maka  $V_{ab} = q/C$ . Kemudian untuk menambah muatannya dengan  $dq$  diperlukan usaha  $dW$ :

$$W = V_{ab}dq = \frac{q}{C}dq \quad (43)$$

Usaha total untuk memuati kapasitor dari muatan 0 sampai  $Q$  adalah  $W$ ,

$$W = \int_0^Q dW = \int_0^Q \frac{q}{C}dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad (44)$$

Usaha ini tidak hilang melainkan tetap tersimpan dalam kapasitor menjadi energi kapasitor. Jadi energi kapasitor  $U$  adalah:

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV_{ab}^2 = \frac{1}{2} QV_{ab} \quad (45)$$



#### Pertanyaan Diskusi

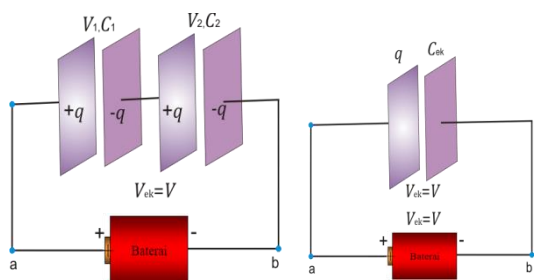
Sebuah keping paralel kosong dihubungkan ke sebuah baterai yang mempertahankan beda potensial antar keping selalu tetap. Dengan baterai tetap dihubungkan, selembar dielektrik kemudian disisipkan diantara kedua keping. Energi yang tersimpan dalam kapasitor menjadi...

- A. Bertambah    C. Berkurang
- B. Tetap sama    D. Tak dapat ditentukan

Berikan alasan mengapa memilih jawaban tersebut!

## 5. Analisis Rangkaian Kapasitor

### a) Susunan Seri Kapasitor



Gambar 16. Susunan seri dari dua kapasitor.

Gambar 16 menunjukkan skema dari dua buah kapasitor yang disusun seri. Ketika beda potensial  $V_{ab}$  antara  $a$  dan  $b$  diberikan, pada kedua keping akan tersimpan muatan yang sama  $q$ . Dengan menggunakan persamaan (37), Anda dapat menghitung beda potensial pada tiap kapasitor.

$$C_1 = \frac{q}{V_1} \Leftrightarrow V_1 = \frac{q}{C_1}$$

$$C_2 = \frac{q}{V_2} \Leftrightarrow V_2 = \frac{q}{C_2}$$

Perhatikan kembali gambar 16, kita peroleh

$$V_{ab} = V = V_1 + V_2$$

$$V = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} = q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) \quad (46)$$

**Kapasitansi ekuivalen  $C_{ek}$**  dari susunan **seri** didefinisikan sebagai kapasitansi dari sebuah kapasitor tunggal yang memiliki muatan yang sama dengan muatan kapasitor yang digantikannya, yaitu  $q$ , ketika diberi beda potensial  $V$  yang sama. Untuk kapasitor ekuivalen seperti ditunjukkan pada gambar 16, persamaan (37) memberikan

$$C_{ek} = \frac{q}{V} \text{ atau } V = q \left( \frac{1}{C_{ek}} \right) \quad (47)$$

Ruas kiri Persamaan (46) dan persamaan (47) adalah sama, sehingga kita peroleh

$$q \left( \frac{1}{C_{ek}} \right) = q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) \quad \text{atau} \quad \frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (48)$$

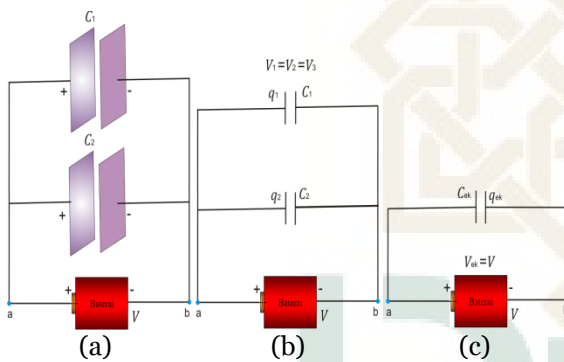
Kita dapat memperluas hasil ini untuk sejumlah kapasitor disusun seri, yaitu

**Kapasitansi ekivalen seri**

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (49)$$

Besar muatan pada tiap keping kapasitor dalam susunan seri adalah sama, yaitu sama dengan muatan kapasitor ekivalennya. Tetapi, beda potensial tiap kapasitor umumnya tidak sama.

**b) Susunan Paralel Kapasitor**



Gambar 17 menunjukkan skema dari dua buah kapasitor yang disusun paralel. Kedua kapasitor dihubungkan paralel antara titik a dan b. Dengan demikian, beda potensial adalah sama untuk kedua kapasitor, yaitu sama dengan  $V_{ab} = V = V_1 = V_2$ .

Gambar 17. Susunan paralel dari dua kapasitor.

Muatan  $q_1$  dan  $q_2$ , yang umumnya tidak sama, diberikan oleh

$$q_1 = C_1V \text{ dan } q_2 = C_2V$$

Muatan total susunan paralel  $q$ , yang sama dengan muatan pada kapasitor ekivalen, adalah

$$q = q_1 + q_2 = C_1V + C_2V$$

$$q = (C_1 + C_2)V \quad (50)$$

**Kapasitansi ekivalen  $C_{ek}$**  dari susunan **paralel** didefinisikan sebagai kapasitansi dari sebuah kapasitor tunggal (lihat gambar 17), di mana muatan total adalah sama dengan pada gambar 17c. Untuk kapasitansi ekivalen ini.



$$q = C_{ek}V \quad (51)$$

Ruas kiri persamaan (50) dan persamaan (51) adalah sama, sehingga kita peroleh

$$\begin{aligned} C_{ek}V &= (C_1 + C_2)V \\ C_{ek} &= (C_1 + C_2) \end{aligned}$$

Kita dapat memperluas hasil ini untuk sejumlah kapasitor yang disusun paralel. Dengan demikian kita peroleh **Kapasitansi ekivalen paralel**

$$C_{ek} = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots) \quad (52)$$

Beda potensial tiap kapasitor dalam susunan paralel adalah sama, yaitu sama dengan beda potensial kapasitor ekivalennya. Tetapi, muatan tiap kapasitor umumnya tidak sama.



### Analogi Resistor dengan Kapasitor

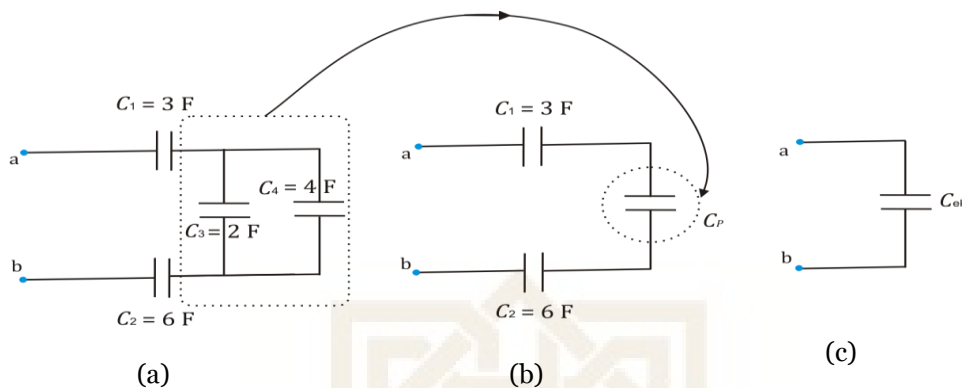
Ada beberapa kesamaan atau analogi antara komponen kapasitor dan resistor pada rangkaian listrik. Perhatikan tabel berikut!

Tabel 6 Atribut Analogi Resistor dengan Kapasitor		
Aspek yang Dianalogikan	Resistor	Kapasitor
Ciri Fisik	Memiliki dua ujung.	Memiliki dua ujung.
Perubahan Tegangan	Perubahan tegangan berbanding lurus perubahan arus.	Perubahan tegangan berbanding lurus perubahan muatan.
Tetapan Kesebandingan	Tetapan kesebandingan adalah $R$ .	Tetapan kesebandingan adalah $1/C$ .
Penerapan Tegangan	Penerapan tegangan menghasilkan aliran muatan (arus).	Penerapan tegangan menghasilkan penyimpanan muatan.
Fungsi Komponen	Penahan aliran arus dalam rangkaian listrik.	Penyimpanan energi listrik sementara.
Kemampuan Fungsi Komponen	<b>Resistansi</b> kemampuan sebuah resistor untuk menahan aliran arus listrik. $R = \rho l/A$	<b>Kapasitansi</b> kemampuan sebuah kapasitor menyimpan energi listrik. $C = \epsilon A/d$
Pemasangan dalam Rangkaian	Susunan Resistor: 1) Seri : $R_s = R_1 + R_2 + \dots R_n$ 2) Paralel : $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$	Susunan Kapasitor : 1) Seri : $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ 2) Paralel : $C_p = C_1 + C_2 + \dots C_n$



### Contoh 4

Tentukan beda potensial dan muatan tiap-tiap kapasitor pada rangkaian Gambar 18 jika antara  $a$  dan  $b$  diberi beda potensial 12 volt.



Gambar 18. Rangkaian kapasitor

**Diketahui** :  $C_1 = 3\text{ F}$  ;  $C_2 = 6\text{ F}$  ;  $C_3 = 2\text{ F}$  ;  $C_4 = 4\text{ F}$

$$V_{ab} = 12\text{ V}$$

**Ditanyakan** : Beda potensial ( $V$ ) dan muatan ( $q$ ) tiap-tiap kapasitor?

**Strategi** :

Lakukan dahulu penyederhanaan rangkaian langkah demi langkah dengan menggunakan susunan seri dan paralel sampai Anda peroleh sebuah kapasitor ekuivalen. Kemudian, Anda melangkah mundur langkah demi langkah dari rangkaian terakhir ke rangkaian semula dengan menerapkan prinsip seri dan paralel, dan menggunakan persamaan  $C = \frac{q}{V}$ .

**Penyelesaian:**

1. Hitung kapasitansi ekuivalen untuk kapasitor  $C_3$  dan  $C_4$  yang disusun paralel dengan menggunakan persamaan (52) yang selanjutnya kita sebut  $C_p$ .

$$C_p = C_3 + C_4 = 2\text{ F} + 4\text{ F} = 6\text{ F}$$

2. Pada Gambar 18b ada 3 kapasitor disusun seri. Hitung kapasitansi ekuivalen

keseluruhan antara hasil langkah 1 dengan kapasitansi  $C_1$  dan  $C_2$  dengan menggunakan persamaan (49) yang selanjutnya kita sebut  $C_{ek}$ .

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_p}$$

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$$

$$= \frac{2 + 1 + 1}{6} = \frac{4}{6} \text{ F}$$

$$C_{ek} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} \text{ F}$$

3. Sekarang kita hitung beda potensial dan muatan pada tiap-tiap kapasitor dari rangkaian terakhir pada Gambar 18c.

$$V_{ab} = 12 \text{ V dan } C_{ek} = \frac{3}{2} \text{ F}$$

sehingga,

$$q_{ek} = C_{ek}V_{ab} = \left(\frac{3}{2} \text{ F}\right)(12 \text{ V}) = 18 \text{ C}$$

4. Rangkaian gambar 18c berasal dari rangkaian gambar 18b, yang mana  $C_{ek}$  adalah susunan seri dari kapasitor-kapasitor  $C_1$ ,  $C_p$  dan  $C_2$ . Menurut *prinsip seri*, muatan pada tiap-tiap kapasitor adalah sama yaitu sama dengan muatan pada kapasitor ekivalennya. Dengan demikian,

$$q_{C1} = q_{Cp} = q_{C2} = q_{ek} = 18 \text{ C}$$

$$q_{C1} = 18 \text{ C}; q_{Cp} = 18 \text{ C}; q_{C2} = 18 \text{ C}; q_{ek} = 18 \text{ C}$$

5. Tentukan beda potensial dari masing-masing muatan pada hasil langkah 4. Telah kita ketahui bahwa  $C = q/V$  sehingga untuk beda potensialnya adalah  $V = q/C$ .

$$V_{C1} = \frac{q_{C1}}{3\text{F}} = \frac{18 \text{ C}}{3 \text{ F}} = 6 \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \frac{q_{C_2}}{6F} = \frac{18 C}{6 F} = 3 V$$

$$V_{C_p} = \frac{q_{C_p}}{C_p} = \frac{18 C}{6 F} = 3 V$$

6. Rangkaian Gambar 18b berasal dari rangkaian Gambar 18a, yang mana  $C_p$  adalah susunan paralel dari kapasitor  $C_3$  dan  $C_4$ . Menurut *prinsip paralel*, beda potensial pada tiap kapasitor adalah sama, yaitu sama dengan beda potensial kapasitor ekivalennya. dengan demikian

$$V_{C_3} = V_{C_4} = V_{C_p} = 3 V$$

7. Terakhir kita dapat menghitung muatan pada kapasitor  $C_3$  dan  $C_4$  dengan menggunakan rumus  $q = CV$  dengan beda potensial dari yang hasil perhitungan langkah 6.

$$q_{C_3} = C_3 V_{C_3} = (2F)3V = 6 C$$

$$q_{C_4} = C_4 V_{C_4} = (4F)3V = 12 C$$



Jika Anda memiliki kapasitor  $2,5 \mu\text{F}$  dan  $5 \mu\text{F}$ , apakah susunan seri atau paralel yang akan Anda buat untuk mendapatkan lebih banyak muatan listrik yang tersimpan. Sumber tegangan yang digunakan adalah  $12 V$ .

## 6. Kapasitor dalam Kehidupan sehari-hari

Kapasitor hanya menyimpan sejumlah kecil energi. Energi maksimum yang dapat disimpan dalam sebuah kapasitor besar kira-kira hanya  $10 J$ . Kapasitor digunakan sebagai penyimpan energi karena ia dapat dimuati dan melepas muatannya dengan sangat cepat. Beberapa penggunaan kapasitor diuraikan sebagai berikut.

### 1. *Flash Light* Kamera

Ketika sebuah kamera digunakan di ruangan yang kurang cahaya maka penggunaan *flash light* atau *blitz* sangat diperlukan untuk menerangi objek yang akan diambil gambarnya. *Flash light* tersebut memerlukan arus yang sangat besar dan itu dapat disuplay langsung oleh baterai. Untuk mendapatkan arus besar, muatan dari baterai terlebih dahulu harus dikumpulkan dalam kapasitor. Baru ketika diperlukan, muatan dari kapasitor disalurkan dan menghasilkan arus yang sangat tinggi untuk digunakan oleh lampu *flash light*.



Gambar 19  
Kamera dengan Blitz  
sumber: Marthen K, 2010

### 2. *Defibriliator*

*Defibriliator* merupakan mesin kejut yang digunakan untuk menormalkan kembali detak jantung pasien. Alat ini menggunakan arus yang tinggi dan mengalirkannya ke daerah dada pasien secara cepat dan singkat. Arus tinggi tersebut diperoleh dari kapasitor yang menyimpan muatan dari baterai atau catu daya lain. Jadi, secara umum prinsip kerjanya sama dengan flash light kamera. Gambar 20 menunjukkan sebuah *defibriliator*.



Gambar 20  
*Defibriliator*  
sumber: Marthen K, 2010

### 3. *Tuning* Radio

Kapasitor yang dirangkai dengan induktor akan menghasilkan frekuensi listrik tertentu. Jika frekuensi ini sama dengan frekuensi gelombang radio yang dipancarkan oleh stasiun radio, akan terjadi resonansi diantara kedua frekuensi tersebut. Frekuensi radio pun dapat diperkuat sehingga dapat disimak oleh pendengar.



Gambar 21  
*Tuning* sebuah Radio  
Sumber:  
<http://fisikastudycentre.com>





## Fisika di Sekitar Kita

### Proses Terjadinya Kilat



Gambar 22  
Percikan Kilat

Kilat, petir, atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan. Beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya.

Petir merupakan gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kapasitor raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng negatif atau lempeng positif) dan lempeng kedua adalah bumi dianggap netral. Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat (*energy storage*). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intercloud*), dimana salah satu awan bermuatan negatif dan awan lainnya bermuatan positif.

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara.



## Rangkuman

1. *Muatan listrik* dapat **analogi** *Massa* yang memiliki sifat didefinisikan sebagai sifat **dengan** dapat menimbulkan dan benda yang dapat menimbulkan atau dipengaruhi medan listrik. dipengaruhi oleh medan gravitasi. *Perbedaannya* massa hanya satu jenis, sedangkan muatan listrik memiliki jenis muatan positif dan negatif.

2. Gaya Listrik atau gaya Coulomb: **analogi** Gaya Gravitasi :

$$\mathbf{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

**dengan**

$$\mathbf{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Gaya listrik akan bersifat tarik menarik jika terjadi pada dua muatan yang tak sejenis dan bersifat tolak menolak jika terjadi pada dua muatan sejenis. **analogi** Gaya gravitasi antara dua massa yang saling tarik menarik. Namun perbedaannya pada gaya gravitasi tidak ada gaya tolak menolak. **dengan**

3. Kuat medan listrik: **analogi** Kuat medan gravitasi **dengan** (percepatan gravitasi):

$$\mathbf{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{g} = G \frac{m}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

4. Energi potensial listrik :

$$EP = k \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$EP = qEd$$

Potensial listrik :

$$V = k \frac{q}{r}$$

5. Kapasitor

a) Kapasitansi kapasitor :

$$C = \frac{q}{V}$$

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{d}$$

b) Energi Kapasitor :

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV_{ab}^2 = \frac{1}{2} QV_{ab}$$

c) Susunan Kapasitor :

1) Seri :

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

3) Paralel :

$$C_p = C_1 + C_2 + \dots C_n$$

**analogi**

Energi potensial gravitasi :

**dengan**

$$EP = \frac{Gm_1 m_2}{r}$$

$$EP = mgh$$

**analogi**

Resistor

**dengan**

a) Resistensi Resistor :

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

b) Susunan Resistor:

1) Seri :

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots R_n$$

2) Paralel :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



## EVALUASI

### A. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dengan cara memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Gaya listrik yang bekerja pada elektron hidrogen oleh proton, bila elektron mengelilingi proton pada jarak rata-rata  $0,53 \times 10^{-18}$  m ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C) adalah ....  
A.  $8,2 \times 10^{-10}$  N      D.  $7,2 \times 10^{-12}$  N  
B.  $8,2 \times 10^{-12}$  J      E.  $7,2 \times 10^{-12}$  J  
C.  $8,2 \times 10^{-12}$  N
2. Dua muatan  $+5,0 \times 10^{-5}$  C dan  $+9,8 \times 10^{-5}$  C terpisah pada jarak 7 cm. Tentukan gaya listriknya jika kedua muatan berada di udara ( $k = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>) adalah....  
A.  $8,0 \times 10^3$  N      D.  $9,0 \times 10^{-3}$  N  
B.  $8,0 \times 10^4$  N      E.  $9,0 \times 10^3$  N  
C.  $9,0 \times 10^5$  N
3. Analog soal no. 2, tentukan gaya coloumbnya jika kedua muatan berada dalam suatu bahan yang permitivitasnya  $\epsilon = 1,77 \cdot 10^{-11}$ C<sup>2</sup>/Nm<sup>2</sup>....  
A.  $4,5 \times 10^3$  N      D.  $5,5 \times 10^{-5}$  N  
B.  $4,5 \times 10^{-3}$  N      E.  $4,5 \times 10^5$  N  
C.  $5,5 \times 10^3$  N
4. Dua keping konduktor sejajar dengan muatan masing-masing  $-3\mu$ C dan  $+3\mu$ C dan luas penampang masing-masing 0,12 m<sup>2</sup>. Bila diantara dua keping berisi udara dengan  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  C<sup>2</sup>/Nm<sup>2</sup>. Tentukan rapat muatan pada keping....

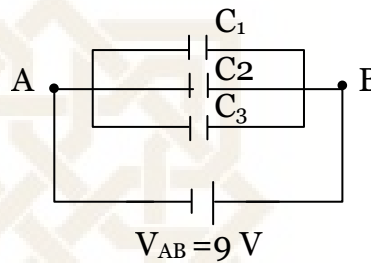
- A.  $2,5 \times 10^{-5} \text{ C/m}^2$     D.  $25 \times 10^{-5} \text{ C/m}^2$   
 B.  $2,5 \times 10^5 \text{ C/m}^2$     E.  $250 \times 10^5 \text{ C/m}^2$   
 C.  $25 \times 10^5 \text{ C/m}^2$
5. Analog soal no. 4, tentukan kuat medan listrik antara dua keping....  
 A.  $2,8 \times 10^7 \text{ N/C}$     D.  $0,3 \times 10^{-7} \text{ N/C}$   
 B.  $3,0 \times 10^{-7} \text{ N/C}$     E.  $3,0 \times 10^7 \text{ N/C}$   
 C.  $0,28 \times 10^7 \text{ N/C}$
6. Suatu titik terletak sejauh R meter dari muatan q coulomb. Agar titik tersebut mempunyai kuat medan sebesar potensial listriknya, jarak (R) sebesar....  
 A. 0,5 m    D. 2,0 m  
 B. 1,0 m    E. 2,5 m  
 C. 1,5 m
7. Segumpal awan mempunyai beda potensial  $8 \times 10^6$  volt terhadap bumi. Ketika terjadi kilat antara awan dan bumi suatu muatan listrik sebesar 40 coulomb dilepaskan. Berapa banyak energi yang hilang pada peristiwa itu....  
 A.  $3,0 \times 10^7 \text{ J}$     D.  $3,2 \times 10^{-8} \text{ J}$   
 B.  $3,2 \times 10^8 \text{ J}$     E.  $5,2 \times 10^8 \text{ J}$   
 C.  $4,0 \times 10^7 \text{ J}$
8. Berapa usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik positif yang besarnya 10 coulomb dan suatu titik yang potensialnya 10 volt ke suatu titik lain dengan potensialnya 60 volt....  
 A. 0,5 J    D. 500 J  
 B. 0,05 J    E. 5.000 J  
 C. 50.000 J
9. Sebuah kapasitor  $300 \mu\text{F}$  dihubungkan ke sebuah baterai 50 volt. Maka besar muatan pada keping-keping kapasitor adalah ....  
 A.  $2,5 \times 10^{-2} \text{ C}$     D.  $1,5 \times 10^2 \text{ C}$   
 B.  $2,5 \times 10^2 \text{ C}$     E.  $1,5 \times 10^{-2} \text{ C}$   
 C.  $0,5 \times 10^{-2} \text{ C}$

10. Sebuah kapasitor keping sejajar memiliki kapasitansi  $1,3 \mu\text{F}$  ketika dimuati  $6,5 \times 10^{-7} \text{ C}$  dan antara dua keping tersebut terdapat kuat medan  $200 \text{ N/C}$ . Jarak antara kedua keping tersebut adalah ....

- A.  $2,5 \times 10^{-3} \text{ m}$
- B.  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}$
- C.  $2,5 \times 10^3 \text{ m}$
- D.  $1,5 \times 10^3 \text{ m}$
- E.  $0,25 \times 10^3 \text{ m}$

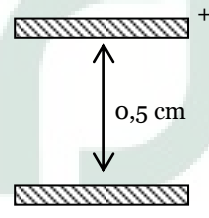
11. Tiga buah kapasitor memiliki kaptas berturut-turut  $3,1\mu\text{F}$ ,  $1,7\mu\text{F}$ , dan  $4,2\mu\text{F}$  disusun paralel dan dihubungkan dengan baterai 9 volt. Maka muatan totalnya adalah ....

- A.  $91 \mu\text{C}$
- B.  $81 \mu\text{C}$
- C.  $71 \mu\text{C}$
- D.  $81 \text{ C}$
- E.  $91 \text{ C}$

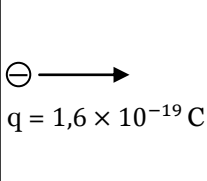


12. Dua keping logam yang sejajar dan jaraknya  $0,5 \text{ cm}$  satu dari yang lain diberi muatan listrik yang berlawanan, hingga beda potensial  $10^4 \text{ volt}$ . Maka gaya yang dialami sebuah elektron yang diletakkan diantara keping adalah ....

- A.  $32 \times 10^{13} \text{ N}$  ke atas
- B.  $32 \times 10^{-13} \text{ N}$  ke bawah
- C.  $4,2 \times 10^{-13} \text{ N}$  ke atas
- D.  $3,2 \times 10^{-13} \text{ N}$  ke atas
- E.  $3,2 \times 10^{-13} \text{ N}$  ke bawah





13.  Dua keping logam masing-masing mempunyai potensial  $V_1 = 12$  volt, dan  $V_2 = 6$  volt. Ditunjukkan gambar di samping ini. Berapa usaha yang diperlukan oleh sebuah elektron untuk berpindah di  $V_1$  ke  $V_2$ ....

- A.  $9,6 \times 10^{-19}$  joule    D.  $0,96 \times 10^{-19}$  joule  
 B.  $96 \times 10^{19}$  joule    E.  $960 \times 10^{19}$  joule  
 C.  $9,6 \times 10^{19}$  joule

14. Sebuah muatan positif 10 coloumb dipindahkan dari suatu titik yang potensialnya 60 volt. Usaha yang diperlukan adalah ....

- A. 5 joule                      D. 500 joule  
 B. 10 joule                    E. 600 joule  
 C. 50 joule

15. Sebuah kapasitor yang kapasitansinya  $2\mu\text{F}$  dihubungkan pada sebuah baterai 50 volt. Berapakah muatan yang berada di dalam kapasitor?

- A. 1000 C                      D.  $10^4$  C  
 B. 100 C                        E.  $10^{-4}$  C  
 C. 10 C

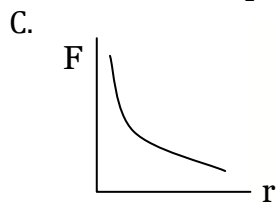
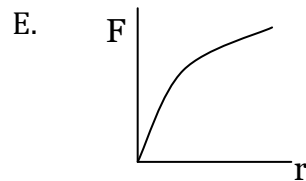
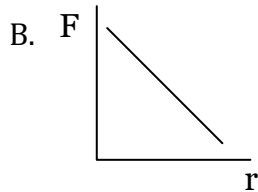
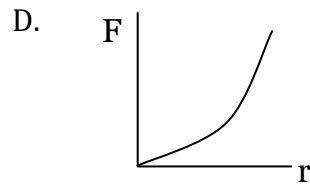
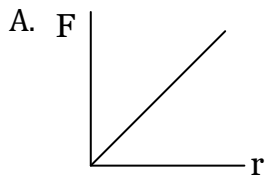
16. Pada suatu titik yang berjarak 25 cm dari suatu muatan listrik yang potensial listriknya 200 volt. Maka kuat medan listriknya pada titik tersebut adalah ....

- A. 20 volt/m                  D. 400 volt  
 B. 50 volt                      E. 800 volt  
 C. 100 volt

17. Dalam sistem MKS, satuan kuat medan listrik dinyatakan ....

- A. dyne/stat C                D.  $\text{N}/\text{m}^2$   
 B. dyne  $\text{cm}^2$                 E.  $\text{N}/\text{m}^2/\text{C}^2$   
 C.  $\text{N}/\text{C}$

18. Bila kita buat grafik hubungan antara gaya Coloumb (F) terhadap jarak (r), maka grafiknya akan menjadi ....



19. Kapasitor  $20 \mu\text{F}$  dimuati oleh beda potensial  $1.000$  volt, kemudian dihubungkan paralel ke kapasitor  $5 \mu\text{F}$  yang tidak bermuatan. Maka muatan totalnya ...

- A.  $0,025 \text{ C}$                       D.  $250 \text{ mC}$   
 B.  $25 \text{ C}$                               E.  $2.500 \text{ mC}$   
 C.  $25 \text{ mC}$

20. Sebuah elektron dengan massa  $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  dan muatan listrik  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , lepas dari katode menuju ke anode yang jaraknya  $2 \text{ cm}$ . Jika kecepatan awal elektron  $0$  dan beda potensial antara anode dan katode  $200 \text{ V}$ , maka elektron akan sampai di anode dengan kecepatan....

- A.  $2,3 \times 10^5 \text{ m/s}$                       D.  $3 \times 10^7 \text{ m/s}$   
 B.  $8,4 \times 10^6 \text{ m/s}$                       E.  $2,4 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 C.  $2,3 \times 10^7 \text{ m/s}$

21. Sebuah muatan listrik  $2,0 \mu\text{C}$  digerakkan dengan kelajuan tetap melalui medan listrik  $10 \text{ V/m}$  sedemikian sehingga muatan tadi melintas  $3 \text{ m}$  sejajar kemudian  $4 \text{ m}$  tegak lurus terhadap arah medan listrik. Perubahan energi potensial muatan listrik antara titik-titik ujung lintasan dalam  $\mu\text{J}$ ....

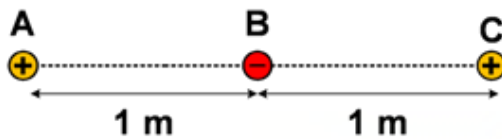


- A. pertengahan  $AB$     D. 1 m di kanan  $B$   
 B. 1 m di kanan  $A$     E. 0,25 di kiri  $A$   
 C. 1 m di kiri  $A$
27. Sebuah kapasitor yang dihubungkan ke baterai 24 V dapat menyimpan muatan 4 mC. Kapasitansi kapasitor adalah...
- A.  $1,67 \mu\text{F}$                       D. 48 mF  
 B.  $60 \mu\text{F}$                         E. 60 mF  
 C.  $167 \mu\text{F}$
28. Sebuah kapasitor keping yang ruang antaranya udara dan kapasitansiinnya  $C_0$  dihubungkan dengan sumber tegangan  $V$ . Apabila ruang antara kedua keping kapasitor diisi dengan mika, maka besaran yang tidak berubah adalah...
- A. kapasitansinya    D. energinya  
 B. muatannya        E. tak ada  
 C. kuat medannya
29. Sebuah kapasitor  $50 \mu\text{F}$  menyimpan energi 1 J. Beda potensial antara kutub-kutubnya adalah....
- A. 100 V                      D. 20 kV  
 B. 141 V                     E. 40 kV  
 C. 200 V
30. Sebuah kapasitor diberi muatan  $+10 \text{ nC}$  dan beda potensial diantara kedua pelat kapasitor sebesar 100 V. Kapasitansi dan energi yang tersimpan dalam kapasitor tersebut adalah...
- A. 1 pF dan 50 nJ            D. 10nF dan 600 nJ  
 B. 100 pF dan 500 nJ      E. 100 nF dan 200 nJ  
 C. 100 pF dan 50  $\mu\text{J}$

## B. Uraian

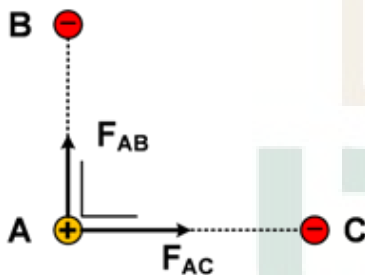
Jawablah pertanyaan dengan tepat!

1. Dua buah partikel bermuatan berjarak  $R$  satu sama lain dan terjadi gaya tarik-menarik sebesar  $F$ . Jika jarak antara kedua muatan dijadikan  $4R$ , tentukan nilai perbandingan besar gaya tarik-menarik yang terjadi antara kedua partikel terhadap kondisi awalnya!
2. Tiga buah muatan  $A, B$  dan  $C$  tersusun seperti gambar berikut!



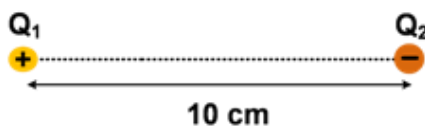
Jika  $Q_A = +1 \mu\text{C}$ ,  $Q_B = -2 \mu\text{C}$ ,  $Q_C = +4 \mu\text{C}$  dan  $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$  tentukan besar dan arah gaya Coulomb pada muatan  $B$  !

3. Gambar berikut adalah susunan tiga buah muatan  $A, B$  dan  $C$  yang membentuk suatu segitiga dengan sudut siku-siku di  $A$ .



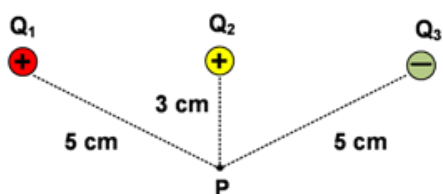
Jika gaya tarik-menarik antara muatan  $A$  dan  $B$  sama besar dengan gaya tarik-menarik antara muatan  $A$  dan  $C$  masing-masing sebesar  $5 F$ , tentukan resultan gaya pada muatan  $A$  !

4. Dua buah muatan masing-masing  $Q_1 = 1 \mu\text{C}$  dan  $Q_2 = 4 \mu\text{C}$  terpisah sejauh  $10 \text{ cm}$ .



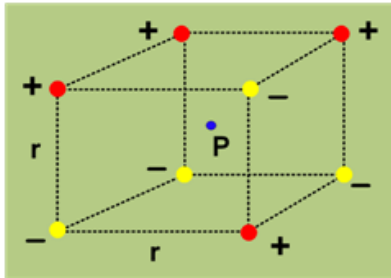
Tentukan letak titik yang memiliki kuat medan listrik nol !

5. Perhatikan gambar tiga buah muatan yang berada di sekitar titik  $P$  berikut!



Jika  $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ ,  $Q_1 = +10^{-12} \text{ C}$ ,  $Q_2 = +2 \times 10^{-12} \text{ C}$  dan  $Q_3 = -10^{-12} \text{ C}$ , tentukan besar potensial listrik pada titik  $P$  !

6. 8 buah muatan listrik 4 diantaranya sebesar  $+5\text{ C}$  dan 4 lainnya adalah  $-5\text{ C}$  tersusun hingga membentuk suatu kubus yang memiliki sisi sepanjang  $r$ .



Tentukan besar potensial listrik di titik  $P$  yang merupakan titik berat kubus !

7. Berapakah potensial listrik pada jarak  $r = 0,529 \times 10^{-10}\text{ m}$  dari proton? Kemudian berapakah energi potensial elektron dan proton pada pemisahan ini?
8. Dua keping sejajar memiliki keping berbentuk persegi dengan sisi  $10\text{ cm}$  dan terpisah pada jarak  $2\text{ cm}$ . Tentukan kapasitansi keping sejajar tersebut jika ruang antara kedua kepingnya (a) berisi udara, dan (b) berisi mika ( $\epsilon_r = 7,0$ ).





## Kunci Jawaban

### A. Kunci jawaban pilihan ganda

1. C	6. B	11. B	16. E	21. C	26. C
2. E	7. B	12. E	17. C	22. D	27. C
3. A	8. D	13. A	18. C	23. B	28. C
4. A	9. E	14. E	19. A	24. D	29. C
5. C	10. A	15. E	20. D	25. E	30. B

### B. Kunci jawaban uraian

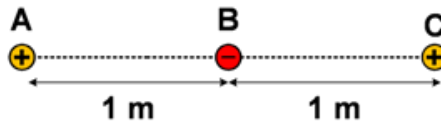
1.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{kq_1q_2}{R^2} \div \frac{kq_1q_2}{(4R)^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{16R^2}{R^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{16} F_1$$

2.



$$F_{BA} = k \frac{q_B q_A}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-6})(10^{-6})}{1^2} = 18 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{BC} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{1^2} = 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Karena kedua gaya segaris namun berlawanan arah maka untuk mencari resultan gaya cukup dengan mengurangkan kedua gaya, misalkan resultannya kasih nama  $F_{\text{total}}$  :

$$F_{\text{total}} = F_{BC} - F_{BA}$$

$$F_{\text{total}} = 72 \times 10^{-3} - 18 \times 10^{-3} = 54 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Arah sesuai dengan  $F_{BC}$  yaitu ke kanan.

3. Diketahui :  $F_{AB} = 5 F$ ;  $F_{AC} = 5 F$

Ditanyakan : resultan gaya pada A =....?

Jawab :

Karena kedua gaya membentuk sudut  $90^\circ$  cari dengan rumus vektor biasa :

$$F_A = \sqrt{(F_{AB})^2 + (F_{AC})^2}$$

$$F_A = \sqrt{(5F)^2 + (5F)^2}$$

$$F_A = 5F\sqrt{2}$$

4. Letak titik belum diketahui sehingga ada tiga kemungkinan yaitu di sebelah kiri  $Q_1$ , di sebelah kanan  $Q_2$  atau diantara  $Q_1$  dan  $Q_2$ . Untuk memilih posisinya secara benar ingat kembali bahwa kuat medan listrik "keluar untuk muatan positif" dan "masuk untuk muatan negatif". Namakan saja titik yang akan dicari sebagai titik P.

$$E_1 = E_2$$

$$k \frac{q_A}{d^2} = k \frac{q_B}{(0,5 + -d)^2}$$

$$\frac{q_1}{d^2} = \frac{q_2}{(10 - d)^2}$$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{(10 + d)^2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{d^2}{(10 + d)^2}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{2}{10 + d}$$

$$2d = 10 + d$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

5.  $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$V = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3}$$

$$V = k \frac{+10^{-12}}{0,05} + k \frac{+2 \times 10^{-12}}{0,03} + k \frac{-10^{-12}}{0,05}$$

$$V = 9 \times 10^9 \times \frac{+2 \times 10^{-12}}{0,03}$$

$$V = 0,6 \text{ volt}$$

6.  $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_8$

$$V = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3} + \dots \frac{kq_8}{r_8}$$

$$V = 0$$

7.

$$V = \frac{kq}{r} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})}{0,529 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 27,5 \text{ J/C} = 27,5 \text{ V}$$

$$U = qV = (-1,6 \times 10^{-19})(27,5 \text{ V}) = -4,5 \times 10^{-18} \text{ C}$$

8. Diketahui :  $A = 100 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$  ;  $d = 2 \text{ m}$

Ditanyakan : kapasitansinya jika a. Tanpa bahan b. Berisi mika=....?

Jawab :

a.  $C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{1}{2} = 4,425 \times 10^{-12} \text{ F}$

b.  $C = \epsilon_0 \epsilon \frac{A}{d} = (8,85 \times 10^{-12})(7,0) \frac{1}{2} = 3,0975 \times 10^{-11} \text{ F}$



## Glosarium

**Fluks listrik** Jumlah garis-garis medan listrik yang menembus tegak lurus suatu bidang.

**Hukum Coulomb** Besar gaya tarik atau gaya tolak antara dua muatan listrik sebanding dengan muatan-muatannya dan bernanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan.

**Hukum Gauss** Jumlah garis-garis medan listrik (fluks listrik) yang menembus suatu permukaan tertutup sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup itu dibagi dengan permitivitas udara  $\epsilon_0$ .

**Kapasitor** Suatu peralatan yang dapat menyimpan muatan dan energi listrik.

**Kuat medan listrik** Lambang  $E$ . Besaran yang menyatakan medan listrik di sekitar muatan listrik statis.

**Kapasitansi** Ukuran kemampuan atau daya tampung kapasitor untuk menyimpan muatan listrik untuk beda potensial yang diberikan.

**Medan listrik** Ruang disekitar suatu muatan listrik

sumber dimana muatan listrik lainnya dalam ruangan ini akan mengalami gaya Coulomb atau gaya listrik (tarik atau tolak).

**Permitivitas relatif** perbandingan antara kapasitansi kapasitor dalam dielektrik dan kapasitansi kapasitor dalam vakum.

**Potensial listrik** Energi yang dibutuhkan untuk membawa muatan listrik satuan dari tak terhingga ke suatu titik di dalam medan listrik yang potensial nya telah ditetapkan. Satuan potensial listrik adalah volt. Beda potensial antara dua titik di dalam medan listrik atau rangkaian adalah perbedaan nilai potensial listrik antara kedua titik atau dengan kata lain usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan dari suatu titik ke titik yang lain.

**Proton** partikel bermuatan positif yang menyusun inti atom.



## Daftar Pustaka

### Buku

- Kenginan, Marthen. 2010. *Physics for Senior High School*. Jakarta: Erlangga.
- Sears & Zemansky. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Supiyanto. 2006. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: PHIBETA.
- Tipler. 1996. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

### Internet

- <http://adityarizki.net>. Prinsip Kerja Pengendap Elektrostatis. Diakses 30 Januari 2013.
- <http://bukusoal.info>. *Soal-soal Fisika Materi Listrik Statis*. Diakses 27 Januari 2013.
- <http://emsadesaign.wordpress.com>. *Capasitor*. Diakses 25 Januari 2013.
- <http://fisikastudycentre.com>. *Fisika XII SMA Listrik Statis*. Diakses 17 Januari 2013
- <http://profil.widodonline.com>. *Elektronika komponen-komponen kapasitor*. Diakses 25 Januari 2013
- <http://www.bmkg.go.id>. *Petir*. Diakses 19 Mei 2013.