

**PENGEMBANGAN BUKU FISIKA DILENGKAPI DENGAN
AUGMENTED REALITY PADA POKOK BAHASAN LISTRIK
STATIS DAN LISTRIK DINAMIS UNTUK SMA KELAS XII
SEMESTER I**

Skripsi

**Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar
sarjana pendidikan**



Bening Puspa Dewi

3215130832

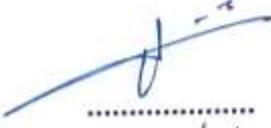
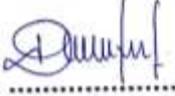
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

**PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI
PENGEMBANGAN BUKU FISIKA DILENGKAPI *AUGMENTED*
REALITY PADA POKOK BAHASAN LISTRIK STATIS DAN LISTRIK
DINAMIS UNTUK SMA KELAS XII SEMESTER 1**

Nama : Bening Puspa Dewi

Nomor Registrasi : 3215130832

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggung Jawab Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si. NIP 196712181993031005		23/08-2017
Wakil Penanggung Jawab Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si. NIP 196405111989032001		23/08-2017
Ketua	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si. NIP 196010011992031001		18/08-2017
Sekretaris	: Dwi Susanti, M.Pd. NIP 198106212005012004		16/08-2017
Anggota	: Fauzi Bakri, S.Pd., M.Si. NIP 197107161998031002		16/08-2017
Pembimbing I	: Dewi Mulyati, S.Pd., M.Si., M.Sc. NIP 199005142015042002		16/8-2017
Penguji	: Drs. A. Handjoko Permana, M.Si. NIP 196211241994031001		16/8/17

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 9 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertandatangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Bening Puspa Dewi

No. Reg. : 3215130832

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul "**Pengembangan Buku Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* Pada Pokok Bahasan Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII Semester I**", adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Oktober – Juli 2017.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Agustus 2017

Yang membuat pernyataan



Bening Puspa Dewi

NIM. 3215130832

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat, Nikmat sehat, dan Karunia-Nya sehingga penulis diberikan petunjuk, kesehatan, kesempatan, dan kesabaran dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Buku Fisika Dilengkapi Dengan *Augmented Reality* Pada Pokok Bahasan Listrik Statis Dan Listrik Dinamis”.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan guna mendapatkan gelar Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Skripsi ini

Penulisan skripsi ini tidak luput dari dukungan, bimbingan, bantuan, dan pengarahan kepada penulis dari berbagai pihak. Perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Dr. Esmar Budi, M.T selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika UNJ
2. Fauzi Bakri, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan pengarahan, dan saran-saran hingga skripsi ini selesai
3. Dewi Mulyati, S.Pd, M.Si, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan pengarahan, dan saran- saran hingga skripsi ini selesai
4. Drs Siswoyo, S.Pd selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini terdapat kekurangan, dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Penulisan skripsi ini masih perlu penyempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik maupun saran yang bersifat membangun baik dalam segi penulisan maupun pengembangan penelitian.

Akhir kata semoga penulisan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Bening Puspa Dewi. Pengembangan Buku Fisika Dilengkapi Dengan *Augmented Reality* Pada Pokok Bahasan Listrik Statis Dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII Semester I. Skripsi, Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku fisika dilengkapi dengan *augmented reality* pada pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model penelitian Dick and Carey. Teknik pengambilan data yang digunakan adalah *one to one evaluation*, uji kelayakan menggunakan instrumen untuk validator uji kelayakan media, materi dan uji coba lapangan (guru dan siswa). Pengambilan data hasil evaluasi *one to one* berupa deskripsi hasil wawancara pada siswa. Sedangkan pengambilan data hasil validasi media pembelajaran, materi, uji coba terbatas (guru dan siswa) menggunakan instrumen penilaian dengan skala Likert. Buku fisika yang dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis ini telah melalui tahap uji validasi dengan rata-rata presentase capaian sebesar 80,44% oleh ahli materi, 91,75% menurut ahli media pembelajaran, dan 95,21% menurut guru Fisika SMA. Hasil uji coba terbatas oleh 10 siswa kelas XII MIPA C SMAN 105 Jakarta menunjukkan presentase capaian sebesar 82,48%. Selain itu berdasarkan hasil uji pretes dan postes, diperoleh nilai gain ternormalisasi sebesar 0.68. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa buku fisika dilengkapi *augmented reality* pada pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis ini telah layak digunakan sebagai buku pelajaran pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis.

Kata-kata kunci: *Augmented Reality*, listrik statis, listrik dinamis.

ABSTRACT

Bening Puspa Dewi. The Development of Physics Book Equipped With *Augmented Reality* on Static Electricity and Dynamics Electricity for Senior High School XII Semester I. Undergraduate Thesis, Jakarta: Physics Education Program Study, Departement of Physics Mathematic and Science Faculty, State University of Jakarta. 2017.

This research aim to develop Physics Booke Euipped With *Augmented Reality* on Static Electricity and Dynamics Electricity. The research method wich used in this study is a research and development methods using development research model by Dick and Carey. Data collection technique using one to one evaluation the result of data is description about interview of the student. While data retrieval of learning media validation results, materials, limited trials (teachers and students) using assessment instruments with Likert scale. The physics book with augmented reality subject of static electricity and dynamic electricity has passed the validation test stage with the average percentage of achievement of 80.44% by the material experts, 91,75% according to the expert of instructional media, and 95,21% according to the teacher High School Physics. The trial result is limited by 10 students of class XII MIPA C SMAN 105 Jakarta shows the percentage of achievement of 82.48%. In addition, based on pretest and post test results, obtained a normalized gain value of 0.68. From the results of this study can be concluded that physics book equipped augmented reality on the subject of static electricity and dynamic electricity has been feasible to be used as a textbook subject of static electricity and dynamic electricity.

Keywords: *Augmented Reality*, Static Electricity, Dynamics Electricity

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	II
KATA PENGANTAR	IV
ABSTRAK	VI
ABSTRACT	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR	XIV
DAFTAR LAMPIRAN	XV
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. FOKUS PENELITIAN	4
C. BATASAN MASALAH	5
D. PERUMUSAN MASALAH.....	5
E. KEGUNAAN HASIL PENELITIAN.....	5
BAB II	6
KAJIAN TEORITIK	6
A. KONSEP PENGEMBANGAN MODEL	6
1. Pengertian Penelitian Pengembangan	6
2. Model Penelitian Pengembangan.....	6
a. Model Pengembangan ADDIE	6
b. Model Dick and Carey.....	8
c. Model Borg and Gall	10
B. KONSEP MODEL YANG DIKEMBANGKAN	10
1. Buku Pelajaran	10
2. Augmented Reality	17

C. TEORI TENTANG LISTRIK	22
1. Listrik Statis (Elektrostatika).....	24
2. Listrik Dinamis (Rangkaian arus searah)	29
D. RANCANGAN MODEL	31
E. PENELITIAN YANG RELEVAN.....	33
F. KERANGKA BERPIKIR	35
BAB III.....	36
METODOLOGI PENELITIAN	36
A. TUJUAN PENELITIAN.....	36
B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN.....	36
C. KARAKTERISTIK MODEL YANG TELAH DIKEMBANGKAN	36
D. PENDEKATAN DAN MODEL PENELITIAN	37
E. LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN.....	37
1. Identifikasi Tujuan Pembelajaran	37
2. Analisis instruksional.....	38
3. Mengidentifikasi Tingkah Laku Awal	40
4. Merumuskan Tujuan Kerja atau Tujuan Pembelajaran Khusus ..	41
5. Menyusun Alat Penilaian Hasil Belajar	42
6. Mengembangkan Strategi Pembelajaran.....	45
7. Pengembangan Media	47
8. Merancang Desain dan melaksanakan evaluasi formatif.....	47
9. Revisi pembelajaran	49
10. Mengembangkan evaluasi sumatif	49
F. LANGKAH-LANGKAH PENGEMBANGAN MODEL	49
1. Penelitian Pendahuluan	49
2. Jadwal Penelitian	50
3. Validasi, Evaluasi, dan Revisi	50
4. Teknik Pengumpulan Data.....	61
BAB IV.....	66

HASIL PENELITIAN PENGEMBANGAN DAN PEMBAHASAN	66
A. DESKRIPSI PRODUK PENELITIAN	66
1. Hasil Pembuatan Media Cetak	66
2. Hasil Pengembangan Fitur Buku dan Animasi 3D	72
3. Hasil Pengembangan Animasi 3D dan Video Pembelajaran dilengkapi Augmented Reality	74
4. Hasil Pembuatan Tampilan Menu	83
5. Hasil Pembuatan Ikon Aplikasi dan Tampilan Menu	89
6. Hasil Aplikasi menggunakan Augmented Reality	90
7. Hasil Pembuatan Marker	94
B. DESKRIPSI DATA HASIL EVALUASI FORMATIF	101
1. Deskripsi Hasil Uji Kelayakan Media	101
2. Deskripsi Hasil Uji Kelayakan Materi	104
3. Deskripsi Hasil Uji Coba oleh Guru	107
4. Deskripsi Hasil Uji Coba Keterbacaan	108
5. Deskripsi Hasil Uji Coba Grup Kecil (Small Group Test)	108
6. Deskripsi Hasil Pre-test dan Post-test	109
7. Deskripsi Hasil Publikasi Media	110
C. PEMBAHASAN	114
BAB V	117
PENUTUP	117
A. SIMPULAN	117
B. IMPLIKASI	117
C. SARAN	117
F. DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	122
LAMPIRAN 1. KUISIONER UJI KELAYAKAN MEDIA	122
LAMPIRAN 2. HASIL UJI KELAYAKAN MEDIA	126
LAMPIRAN 3. KUISIONER UJI KELAYAKAN MATERI	129

LAMPIRAN 4. HASIL UJI KELAYAKAN MATERI.....	131
LAMPIRAN 5. KUISIONER UJI LAPANGAN OLEH GURU.....	132
LAMPIRAN 6. HASIL UJI LAPANGAN OLEH GURU	138
LAMPIRAN 7. KUISIONER UJI COBA TERBATAS OLEH SISWA	140
LAMPIRAN 8. HASIL UJI COBA TERBATAS OLEH SISWA	143
LAMPIRAN 9. SOAL PRETES DAN POSTES	146
LAMPIRAN 10. KUNCI JAWABAN PRETES DAN POSTES	154
LAMPIRAN 11. HASIL PRETES DAN POSTES	155
LAMPIRAN 12. DOKUMENTASI PROSES UJI LAPANGAN, UJI COBA TERBATAS DAN UJI COBA KETERBACAAN	156
LAMPIRAN 13. SURAT PERNYATAAN TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN...	157
LAMPIRAN 14. BUKU LISTRIK STATIS.....	158
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	198

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kemampuan rata-rata manusia dalam mengingat	1
Tabel 1.2 Dampak negatif penggunaan layar komputer	3
Tabel 2.1 Kerangka buku pembelajaran listrik statis dan dinamis.....	31
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Pengembangan.....	50
Tabel 3.2 Langkah-langkah pengembangan model	51
Tabel 3.3 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli media	53
Tabel 3.4 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli materi.....	55
Tabel 3.5 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi lapangan guru fisika SMA	57
Tabel 3.6 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk uji coba terbatas oleh siswa	59
Tabel 3.7 Skala likert	63
Tabel 3.8 Skor skala likert.....	63
Tabel 3.9 Kategori gain ternormalisasi.....	65
Tabel 4.1 Bagian-bagian kulit buku.....	68
Tabel 4.2 Bagian-bagian depan buku	69
Tabel 4.3 Bagian teks buku	71
Tabel 4. 4 Bagian belakang buku.....	72
Tabel 4.5 Hasil pengembangan fitur buku dan animasi 3D.....	72
Tabel 4.6 Hasil pembuatan animasi.....	75
Tabel 4.7 Hasil pembuatan video pembelajaran	80
Tabel 4.8 Hasil pembuatan tampilan menu.....	83
Tabel 4.9 Hasil pembuatan ikon aplikasi dan tampilan menu	89
Tabel 4.10 Hasil aplikasi menggunakan <i>augmented reality</i>	90
Tabel 4.11 Marker pada Vuforia Developer	95
Tabel 4.12 Marker video	98
Tabel 4.13 Hasil uji kelayakan media.....	102
Tabel 4.14 Tabel perbaikan yang direvisi oleh peneliti	103
Tabel 4.15 Hasil uji kelayakan materi	104

Tabel 4. 16 Revisi uji kelayakan materi fisika	105
Tabel 4.17 Tabel hasil uji coba kelayakan oleh guru	107
Tabel 4.18 Hasil uji coba grup kecil oleh 10 siswa XII MIPA C	108
Tabel 4.19 Hasil N-gain	109
Tabel 4. 20 Tampilan share aplikasi	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penelitian pengembangan menurut ADDIE	6
Gambar 2. 2 Peta konsep listrik statis.....	23
Gambar 2. 3 Atom.....	24
Gambar 4.1 Tampilan aplikasi Power Director.....	79
Gambar 4.2 Tampilan editor musik untuk audio ke-2 dengan berbagai pilihan efek suara.....	80
Gambar 4.3 Tampilan situs <i>vuforia developer</i>	94
Gambar 4.4 Gambar screenhoot aplikasi.....	110
Gambar 4.5 Ikon Aplikasi	111
Gambar 4.6 Tampilan menu download buku	113
Gambar 4.7 Hasil banner dimensi 1024 x 500 px	113

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN.....	122
LAMPIRAN 1. KUISIONER UJI KELAYAKAN MEDIA	122
LAMPIRAN 2. HASIL UJI KELAYAKAN MEDIA	126
LAMPIRAN 3. KUISIONER UJI KELAYAKAN MATERI	129
LAMPIRAN 4. HASIL UJI KELAYAKAN MATERI.....	131
LAMPIRAN 5. KUISIONER UJI LAPANGAN OLEH GURU.....	132
LAMPIRAN 6. HASIL UJI LAPANGAN OLEH GURU	138
LAMPIRAN 7. KUISIONER UJI COBA TERBATAS OLEH SISWA	140
LAMPIRAN 8. HASIL UJI COBA TERBATAS OLEH SISWA	143
LAMPIRAN 9. SOAL PRETES DAN POSTES	146
LAMPIRAN 10. KUNCI JAWABAN PRETES DAN POSTES.....	154
LAMPIRAN 11. HASIL PRETES DAN POSTES	155
LAMPIRAN 12. DOKUMENTASI PROSES UJI LAPANGAN, UJI COBA TERBATAS DAN UJI COBA KETERBACAAN	156
LAMPIRAN 13. SURAT PERNYATAAN TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN...	157
LAMPIRAN 14. BUKU LISTRIK STATIS.....	158

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berdasarkan temuan Worth (1999), kemampuan rata-rata manusia dalam mengingat lebih kuat secara verbal dan visual daripada verbal saja atau visual saja.

Tabel 1.1. Kemampuan rata-rata manusia dalam mengingat

Mengingat	Sesudah 3 Jam	Sesudah 3 Hari
Verbal saja	70%	10%
Visual saja	72%	20%
Verbal dan visual	85%	65%

Sumber :The Psychology of Audiences by H.L Holing Worth.

Potensi kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan manusia dalam mengingat terutama dalam proses pembelajaran. Penggunaan teknologi memberikan dampak terhadap sistem pengajaran, sehingga pengajaran beralih pendekatannya dari cara lama ke cara baru. Perubahan dalam pendekatan tersebut antara lain belajar dilakukan melalui kesan-kesan penginderaan yang menumbuhkan tanggapan yang jelas dan nyata, yang selanjutnya akan diproses menjadi informasi dan pengetahuan, selain itu metode, isi dan media pembelajaran memiliki pengaruh yang besar terhadap proses belajar peserta didik (Hamalik, 2008, p. 10).

Proses belajar mengajar merupakan proses komunikasi. Agar proses belajar mengajar tersampaikan, maka diperlukan media yang mendukung. Media yang dipakai hendaknya media yang menarik dan dapat meningkatkan minat siswa apalagi jika dipakai untuk proses pembelajaran pada materi yang memerlukan penggambaran visualisasi (Dewanta Arya Nugraha, 2014).

Penggunaan alat-alat audio visual merupakan alat bantu bagi guru dan siswa yang berguna untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses kegiatan belajar mengajar (Hamalik, 2008, p. 13).

Proses kegiatan belajar mengajar memerlukan sumber belajar agar tercapai tujuan belajar. Sumber belajar tidak hanya berupa sumber belajar bacaan, tetapi juga sumber belajar nonbacaan. Guru hendaknya mampu mengembangkan sumber belajar, memilih dan memanfaatkan sumber belajar secara efektif dan efisien sehingga mencapai tujuan pembelajaran (Komalasari, 2010, p. 107). Fungsi sumber belajar diantaranya sumber informasi dalam proses pembelajaran, mengatasi keterbatasan pengalaman belajar, memungkinkan interaksi langsung, memungkinkan keseragaman pengamatan, menanamkan konsep baru, membangkitkan minat baru, membangkitkan motivasi dan memberikan pengalaman menyeluruh. (Komalasari, 2010, p. 114).

Salah satu sumber belajar adalah buku teks. Dalam pemilihan buku sebagai sumber belajar perlu mempertimbangkan kelebihan dan keterbatasan buku itu sendiri. Keterbatasan buku yaitu dalam menyajikan materi pelajaran fisika yang bersifat abstrak. Contohnya konsep penggambaran aliran arus, aliran muatan, hukum Ohm, dan hukum Kirchoof. Apabila materi-materi tersebut hanya disajikan dalam buku pelajaran maka proses pembelajaran menjadi kurang optimal (Wismadi, 2013, p. 30).

Bila pengajaran fisika hanya disampaikan melalui media pembelajaran statis dua dimensi menggunakan buku, maka pokok bahasan fisika yang bersifat abstrak, empiris, dan matematis menjadi relatif sulit bagi pengajar untuk menyampaikan materi dengan hanya melalui media pembelajaran statis dua dimensi. Akibatnya motivasi siswa SMA MIA dalam mempelajari fisika tidak dapat dibina secara optimal karena relatif rendahnya tingkat pemahaman dan ketertarikan siswa yang bersangkutan dalam mempelajari fisika (Mayub, 2011, p. 1).

Peneliti menemukan permasalahan dalam pembelajaran fisika pokok bahasan listrik statis. Pembelajaran pokok bahasan listrik statis jika dilakukan tanpa menggunakan media yaitu menggunakan metode ceramah menyebabkan siswa sulit memahami konsep-konsep listrik statis yang bersifat abstrak. Agar konsep-konsep listrik statis yang bersifat abstrak mudah diajarkan oleh guru dan mudah dipahami oleh siswa maka perlu adanya inovasi-inovasi dalam pembelajaran yang dilakukan oleh guru baik metode maupun media, salah satunya yaitu dengan pengintegrasian teknologi informasi dan komunikasi dalam bentuk multimedia. (Rusipal, 2014, p. 162).

Pengembangan sumber-sumber belajar sudah sangat pesat, telah dikembangkan dan diterapkan ebook (electronic book) untuk mengatasi kesulitan belajar mengajar tersebut, namun penggunaan ebook memiliki kelemahan antara lain karena ebook sebagian besar menggunakan komputer dan handphone, hal ini tanpa disadari penggunaan yang secara terus menerus dapat mengakibatkan masalah pada mata, seperti mata lelah, merah, pengelihan yang buram, mata kering hingga iritasi ringan.

Berdasarkan hasil penelitian badan kerja WHO tahun 1987 terhadap dampak negatif penggunaan layar komputer diperoleh data presentase sebagai berikut:

Tabel 1.2 Dampak negatif penggunaan layar komputer

No.	Keluhan	Kelompok Terpapar	Kelompok Terkontrol
1.	Sakit kepala sekitar mata	80%	61 %
2.	Rasa pedih dimata	72%	47 %,
3.	Gejala mata kabur	75%	52%

Komputer merupakan perangkat elektronik yang mengeluarkan sinar radiasi elektromagnetik. Potensi keluhan kesehatan yaitu timbulnya reaksi hipersensitivitas (*electrical sensitivity*) merupakan masalah kesehatan

akibat pengaruh radiasi medan elektromagnetik berupa gangguan fisiologis yang ditandai dengan sekumpulan gejala neurologis dan kepekaan (sensitivitas) terhadap medan elektromagnetik (Anies, 2005, p. 49).

Berdasarkan hasil penelitian, tingkat radiasi terbanyak yang didapatkan pada 35 jenis laptop pada penelitian adalah 0,01-0,10 μT . Keluhan kesehatan terbanyak adalah mata lelah (Debby Thandung, 2013, p. 1062).

Peneliti menemukan adanya potensi pada teknologi *Augmented reality* (AR) untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Augmented Reality* merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi (2D) atau tiga dimensi (3D) ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi (3D), kemudian memproyeksikan benda maya tersebut dalam waktu nyata. (Valino, 1998, pp. 6-8).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka, perlu dilakukan penelitian untuk mengembangkan sumber belajar atau media pembelajaran pokok bahasan listrik statis yang menggabungkan antara media materi bahan bacaan (reading materials/bacaan) dengan materi bukan bacaan (non reading materials/nonbacaan) serta membuat sumber belajar yang menggabungkan verbal dan visual dalam satu waktu yaitu dengan memanfaatkan potensi teknologi *augmented reality* untuk mengembangkan buku fisika. Sehingga dalam pembelajaran terdapat pengalaman belajar secara verbal dan visual dan diharapkan dapat meningkatkan ketertarikan belajar siswa dalam mempelajari fisika.

B. Fokus Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, fokus penelitian ini adalah mengembangkan Buku Fisika dilengkapi *Augmented Reality* untuk materi listrik statis dan listrik dinamis SMA Kelas XII Semester I.

C. Batasan Masalah

Buku yang dikembangkan adalah buku cetak untuk pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis dilengkapi animasi 3D serta video pembelajaran dengan media *augmented reality*.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

“Apakah buku fisika yang dilengkapi media *augmented reality* untuk pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis yang dikembangkan layak digunakan sebagai buku pelengkap dalam pembelajaran Fisika SMA Kelas XII Semester I?”

E. Kegunaan Hasil Penelitian

Kegunaan yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Peserta didik:

- a. Membantu peserta didik dalam mengkaji listrik statis dan listrik dinamis melalui buku yang menggunakan media *augmented reality* agar lebih mudah melakukan pengamatan.
- b. Membuat visualisaisi listrik statis dan listrik dinamis sehingga pembelajaran menjadi bermakna.

2. Guru

Adanya buku yang menggunakan media *augmented reality* untuk materi listrik statis dan dinamisdi SMA dapat membantu guru dalam memvisualisasikan listrik statis dan dinamis.

3. Peneliti

- a. Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam pembuatan media pembelajaran berupa buku yang dilengkapi *augmented reality* .
- b. Sebagai prasyarat menyelesaikan studi pada jurusan fisika dengan program studi pendidikan fisika.

BAB II

KAJIAN TEORITIK

A. Konsep Pengembangan Model

1. Pengertian Penelitian Pengembangan

Penelitian dan pengembangan merupakan suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru, menyempurnakan produk yang telah ada dan dapat dipertanggung jawabkan. Produk tersebut tidak selalu berupa benda atau perangkat keras, namun juga dapat berupa perangkat lunak.(Sujadi, 2003)

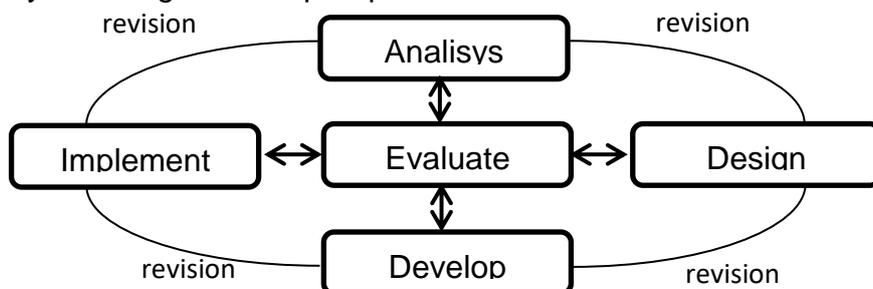
Menurut Sugiyono, metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.(Sugiyono, 2013)

Dari pemaparan di atas pengertian penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan atau menghasilkan produk baru, menyempurnakan produk, dan menguji keefektifan produk tersebut.

2. Model Penelitian Pengembangan

a. Model Pengembangan ADDIE

Penelitian pengembangan menurut ADDIE adalah suatu proses pengembangan yang sifatnya lebih generik melalui proses tahapan Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate.



Gambar 2. 1 Penelitian pengembangan menurut ADDIE

1) Tahap Analysis (analisa)

Analysis (analisa) yaitu melakukan analisis kebutuhan dengan mengidentifikasi kebutuhan dan melakukan analisis tugas. Pada tahap ini terdapat proses mendefinisikan apa yang akan dipelajari oleh peserta didik (Suparman, 2014, pp. 310-311).

2) Tahap Design (desain/perancangan)

Pada tahapan ini, yang harus dilakukan adalah;

- a. merumuskan tujuan pembelajaran yang SMAR (specific, measurable, applicable, dan realistic),
- b. menyusun tes, tes tersebut didasarkan pada tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan,
- c. menentukan strategi pembelajaran media yang tepat seperti apa untuk mencapai tujuan tersebut. Selain itu, dipertimbangkan pula sumber-sumber pendukung lain, semisal sumber belajar yang relevan.

3) Tahap Develop (pengembangan)

Pengembangan merupakan proses mewujudkan desain yang telah dirumuskan menjadi suatu produk yang nyata. Langkah pengembangan meliputi kegiatan membuat, membeli, dan memodifikasi bahan ajar. Dalam melakukan langkah pengembangan, ada dua tujuan penting yang perlu dicapai. Antara lain adalah :

- a. Memproduksi, membeli, atau merevisi bahan ajar yang akan digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan sebelumnya.
- b. Memilih media atau kombinasi media terbaik yang akan digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran.
- c. Tahap Implement (implementasi/eksekusi)
- d. Implementasi adalah langkah nyata untuk menerapkan media pembelajaran yang dibuat sesuai dengan desain awal,

artinya tahap implementasi terdiri dari kegiatan uji coba pemanfaatan produk pengembangan.

- e. Tahap Evaluate (evaluasi/ umpan balik)
- f. Evaluasi yaitu proses untuk melihat apakah sistem pembelajaran yang sedang dibangun berhasil, sesuai dengan harapan awal atau tidak. Evaluasi yang terjadi pada setiap empat tahap di atas itu dinamakan evaluasi formatif, karena tujuannya untuk kebutuhan revisi.

b. Model Dick and Carey

Perancangan pengajaran menurut sistem pendekatan model Dick dan Carey, yang dikembangkan oleh Walter Dick dan Lou Carey melalui proses tahapan:

- 1) Mengidentifikasi tujuan umum pembelajaran;
Tahap awal model ini adalah menentukan apa yang diinginkan agar mahasiswa dapat melakukannya ketika mereka telah menyelesaikan program pengajaran.
- 2) Melaksanakan analisis pembelajaran;
Analisis pembelajaran yakni menentukan kemampuan apa saja yang terlibat dalam proses pembelajaran untuk mencapai tujuan dan menganalisa topik atau materi yang akan dipelajari.
- 3) Mengidentifikasi tingkah laku masukan dan karakteristik siswa;
Menentukan kemampuan minimum apa saja yang harus dimiliki siswa untuk menyelesaikan tugas-tugas dengan mempertimbangkan keterampilan apa yang telah dimiliki siswa saat mulai mengikuti pengajaran, karakteristik khusus siswa yang mungkin ada hubungannya dengan rancangan aktivitas-aktivitas pengajaran.
- 4) Merumuskan tujuan performansi;
Analisis pembelajaran dimaksudkan untuk mengidentifikasi keterampilan-keterampilan yang dipelajari, kondisi pencapaian

unjuk kerja, dan kriteria pencapaian unjuk kerja. Komponen ini bertujuan untuk menguraikan tujuan umum menjadi tujuan yang lebih spesifik pada tiap tahapan pembelajaran.

- 5) Mengembangkan butir-butir tes acuan patokan;
Pengembangan tes acuan patokan didasarkan pada tujuan yang telah dirumuskan. Berdasarkan tujuan pembelajaran yang tertulis, kembangkan produk evaluasi untuk mengukur kemampuan belajar.
- 6) Mengembangkan strategi pembelajaran;
Strategi pembelajaran meliputi; kegiatan prapembelajaran (pre-activity), penyajian informasi, praktek dan umpan balik (practice and feedback), pengetesan (testing), dan mengikuti kegiatan selanjutnya.
- 7) Mengembangkan dan memilih materi pembelajaran;
Mengembangkan bahan pembelajaran yang sesuai dengan strategi pembelajaran. Bahan pembelajaran biasanya terdiri dari panduan bagi peserta didik, materi pembelajaran, dan penilaian.
- 8) Mendesain dan melaksanakan evaluasi formatif;
Evaluasi dilakukan untuk mengumpulkan data dan mengidentifikasi data tersebut. Dalam merancang dan mengembangkan evaluasi formatif yang dihasilkan adalah instrumen atau angket penilaian yang digunakan untuk mengumpulkan data. Pelaksanaan uji coba grup kecil disarankan mendekati delapan sampai dua puluh siswa (Walter Dick, 2009, p. 266)
- 9) Merevisi bahan pembelajaran;
Pada tahap ini yaitu mengulangi siklus pengembangan perangkat pengajaran. Data dari evaluasi formatif yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya dianalisis serta diinterpretasikan.
- 10) Mendesain dan melaksanakan evaluasi sumatif (Farida, 2009, p. 17). Evaluasi sumatif adalah evaluasi produk yang menghasilkan nilai absolut atau relatif dan terjadi setelah produk dievaluasi.

c. Model Borg and Gall

Borg dan Gall (2003: 570) mengutarakan bahwa salah satu penggunaan model Research dan Development dapat memberikan manfaat bagi perbaikan pendidikan sebab dalam R&D terdapat hubungan erat antara evaluasi program secara sistematis dengan pengembangan program. Model ini termasuk kedalam model prosedural. Langkah-langkah pada Model Pengembangan Research and Development dari Borg and Gall (2003: 570) merekomendasikan model Dick, W, Carey, L., & Carey, J.O.

B. Konsep Model yang Dikembangkan

1. Buku Pelajaran

a. Definisi Buku Teks Pelajaran

Buku adalah informasi tercetak di atas kertas yang dijilid menjadi satu kesatuan. Ada berbagai jenis buku ditinjau dari isi buku, sudut pandang pengguna, tampilan fisik yang disajikan serta peruntukannya dilihat dari kepentingan pendidikan (Andriese, dkk 1993: 16-17). Buku adalah kumpulan kertas berisi informasi, tercetak, disusun secara sistematis, dijilid serta bagian luarnya diberi pelindung terbuat dari kertas tebal, karton atau bahan lain (Sitepu, 2015, p. 13).

Berdasarkan pemaparan diatas, maka dapat disintesakan buku adalah kumpulan kertas yang berisi informasi yang dicetak, disusun secara sistematis menjadi satu kesatuan.

Kategorisasi buku yang dipakai di sekolah diawali pada tahun 1992 dengan Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah No. 262/C/Kep/R.1992. Kategorisasi yang didasarkan pada penggunaan buku di sekolah itu menggolongkan buku ke dalam empat kelompok yaitu:

- 1) buku pelajaran
- 2) buku pelajaran pelengkap
- 3) buku bacaan
- 4) buku sumber

Buku pelajaran pokok atau buku wajib adalah buku acuan utama yang dipergunakan oleh siswa dan guru dalam kegiatan belajar dan membelajarkan. Buku ini memuat bahan pembelajaran yang dipilih dan disusun secara teratur untuk satu mata pelajaran. Isi buku ini merupakan bahan minimal yang harus dikuasai oleh siswa pada jenjang dan jenis pendidikan tertentu sesuai dengan isi kurikulum yang berlaku (Sitepu, 2015, p. 16).

Buku teks pelajaran pendidikan dasar, menengah, dan perguruan tinggi yang selanjutnya disebut buku teks adalah buku acuan wajib untuk digunakan di satuan pendidikan dasar dan menengah atau perguruan tinggi yang memuat materi pembelajaran dalam rangka peningkatan keimanan, ketakwaan, akhlak mulia, dan kepribadian, penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, peningkatan kepekaan dan kemampuan estetis, peningkatan kemampuan kinestetis, dan kesehatan yang disusun berdasarkan standar nasional pendidikan (Sitepu, 2015, p. 17).

Buku teks pelajaran merupakan acuan pokok bagi siswa dalam belajar dan bagi guru dalam membelajarkan siswa. Tujuan, isi, dan penyajian buku teks pelajaran mengacu pada kurikulum yang berlaku dan merupakan penjabaran yang lebih terperinci dari kurikulum sehingga dapat dijadikan sebagai sumber informasi utama bagi siswa dalam mempersiapkan diri sebelum belajar di kelas, proses pembelajaran di kelas, mengerjakan tugas-tugas yang diberikan guru, serta mempersiapkan diri menghadapi ujian formatif dan sumatif (Sitepu, 2015, p. 23).

Berdasarkan pemaparan diatas, maka buku teks pelajaran adalah buku acuan bagi siswa untuk belajar dan bagi guru dalam membelajarkan siswa dengan tujuan, isi dan penyajian buku teks yang mengacu pada kurikulum.

b. Syarat Buku Teks Pelajaran

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penulisan buku teks pelajaran menurut **Greene dan Petty,1971** yang dikutip oleh Tarigan (Tarigan, 1993, p. 20) antara lain:

- 1) Memiliki landasan sudut pandang yang jelas dan mutakhir, yaitu sudut pandang yang tangguh dan modern mengenai pengajaran yang aplikatif
- 2) Berisi materi yang memadai, yaitu sajian materi yang kaya informasi, variatif, mudah dibaca, dan sesuai dengan kebutuhan
- 3) Materi tersusun secara sistematis dan bertahap agar mudah dipahami oleh pembaca
- 4) Penyajian materi mampu menstimulasi pembaca untuk belajar
- 5) Penyajian Materi juga harus berisi informasi yang mendalam terkait suatu hal yang dibahas
- 6) Buku pelajaran haruslah berisi alat evaluasi yang memungkinkan siswa untuk dapat mengetahui kompetensi yang telah dicapainya
- 7) Buku pelajaran baiknya dapat memotivasi siswa untuk terus menggali informasi yang ada baik dari sumber yang sama maupun yang berbeda.

c. Komponen Buku Teks Pelajaran

Komponen buku teks pelajaran adalah unsur-unsur atau bagian-bagian pokok yang secara fisik terdapat dalam sebuah buku pelajaran. Berikut rancangan buku teks pelajaran (Sitepu, 2015, pp. 128-159) :

1) Ukuran Buku

Ukuran buku menjadi hal dasar dalam pembuatan buku, tidak ada acuan khusus ukuran buku hanya saja ada beberapa faktor yang membuat buku menjadi praktis, efektif dan efisien penggunaannya dilihat dari ukurannya.

Ukuran buku yang sesuai berdasarkan kesesuaian standar ISO yang banyak dipergunakan yaitu ukuran A4 (210 x 297 mm) dan B5 (175 x 250 mm).

2) Tata Letak

Pertimbangan utama dalam membuat tata letak adalah bagaimana pembaca bisa mudah dalam melihat secara cepat dan tepat keseluruhan naskah yang ada di buku. Mulai dari judul, subjudul, perincian subjudul, tabel, diagram dan sebagainya.

3) Ukuran Huruf dan Spasi dalam Baris

a) Ukuran Huruf

Ukuran yang lazim untuk buku teks pelajaran adalah 10, 11 dan 12 point untuk teks, 24 point untuk judul serta 22 point untuk sub judul, dengan nilai satu point adalah 0.0138 inci.

b) Panjang Baris dan Ukuran Huruf

Dalam merencanakan ukuran huruf perlu juga diperhatikan besarnya huruf yang dapat menimbulkan masalah susunan atau tata kalimat.

c) Spasi Kata

Banyak buku menggunakan format rata kanan-kiri agar naskah dalam buku terlihat rapi, tapi akibatnya spasi antar kata berbeda-beda.

d) Spasi Baris

Spasi antar baris dengan baris berikutnya hendaknya tidak terlalu rapat dan tidak terlalu renggang.

4) Menentukan Huruf

Secara umum ada dua jenis huruf dalam penulisan naskah/teks, yaitu huruf serif dan huruf sans-serif.

a) Huruf Serif (terkait) dan huruf Sans-serif

Huruf serif (berkait) yaitu jenis huruf yang mempunyai kait pada tiap ujung huruf. Contohnya pada huruf:

Aa Bb Cc Dd Ee Ff (Century)

Huruf Sans-serif yaitu jenis huruf yang tidak memiliki kait di tiap ujung hurufnya. Contohnya dapat huruf:

Aa Bb Cc Dd Ee Ff (Arial)

Teks yang menggunakan huruf sans-serif terlihat lebih tajam dan mudah dibaca dibandingkan dengan huruf serif.

- b) Huruf Besar
Huruf besar biasanya digunakan untuk memberikan penekanan pada kata, frase atau kalimat pendek di samping mengikuti ketentuan ejaan.
 - c) Huruf Miring
Sama seperti huruf besar, penggunaan huruf miring biasanya digunakan untuk memberikan penekanan pada kata, frase atau kalimat, penulisan kata-kata asing dan menulis abstrak dalam jurnal.
- 5) Spasi dan Struktur
- Penggunaan spasi yang konsisten akan membantu pembaca dalam mengidentifikasi struktur gagasan dalam teks, menentukan bagian mana yang diperlukan dan mempercepat laju pembaca.
- a) Spasi Vertikal
Spasi vertikal digunakan dengan membuat spasi yang lebih sesudah judul bab, sebelum dan sesudah subjudul serta sebelum dan sesudah subjudul.
 - b) Spasi Horizontal
Spasi horizontal digunakan untuk mengelompokkan gagasan yang sejenis atau setara sehingga memudahkan untuk membaca dan memahaminya.

6) Diagram dan Ilustrasi

Dalam buku teks pembelajaran simbol ikonik (gambaran benda sebenarnya) dan symbol digital (huruf, kata, kode morse dan simbol semaphore).

a) Fungsi Ilustrasi

Secara umum ilustrasi dalam buku teks pembelajaran berfungsi sebagai penarik perhatian bagi pembaca/siswa, pembuat konsep terlihat kongkrit sehingga siswa lebih mudah memahami materi, penghalau dari istilah-istilah teknis, penjelas konsep visual dan spsial, membantu siswa dalam mengingat lebih lama.

b) Penggunaan Warna dalam Ilustrasi

Penggunaan warna dalam ilustrasi di dalam buku teks pembelajaran berfungsi untuk memberikan makna tertentu atau untuk estetika yang membuat daya tarik dan menimbulkan motivasi.

c) Tabel dan Grafik

Untuk membantu siswa membaca dan memahami informasi dalam tabel, (Hartley, 1994:96):

- (1) Bulatkan angka sehingga siswa dapat dengan mudah membuat perbandingan.
- (2) Buatlah jumlah rata-rata sehingga dapat diketahui dengan cepat posisi masing-masing data.
- (3) Angka di dalam kolom lebih mudah dibandingkan angka dalam baris.
- (4) Urutkan angka di dalam kolom berdasarkan besarnya jumlah angka.

Berikutnya adalah grafik. Tujuan menampilkan data dalam grafik adalah untuk menyampaikan data secara mudah dan komunikatif.

7) Anatomi Buku

Anatomi buku adalah unsur-unsur atau bagian-bagian pokok yang secara fisik terdapat dalam sebuah buku, anatomi buku antara lain kulit buku, bagian depan buku, bagian teks buku dan bagian belakang buku.

a) Kulit Buku

Kulit buku terdiri atas kulit depan, kulit punggung, dan kulit belakang.

(1) Kulit depan atau kulit muka, memuat:

- (1) Judul buku
- (2) Subjudul buku
- (3) Nama penulis
- (4) Ilustrasi
- (5) Nama penerbit
- (6) Logo penerbit

(2) Punggung Buku, memuat:

- (1) Judul buku
- (2) Subjudul buku (bila ada)
- (3) Nama penulis
- (4) Logo penerbit

(3) Kulit Belakang, memuat:

- (1) Sinopsis buku
- (2) Pembaca sasaran
- (3) Riwayat singkat dan foto penulis
- (4) Nomor ISBN dalam bentuk angka biasa atau berkode

b) Bagian Depan Buku

Bagian depan (preliminaries) buku teks pelajaran memuat:

- (1) Halaman judul separuh/perancis (halaman kanan: i)
- (2) Halaman kosong (halaman kiri: ii)
- (3) Halaman judul utama (halaman kanan: iii)
- (4) Halaman hak cipta/halaman katalog (halaman kiri: iv)
- (5) Halaman daftar isi (halaman kanan: v)

(6) Halaman kata pengantar (halaman kanan: vi)

c) Bagian Teks Buku

Bagian teks buku pelajaran memuat bahan pelajaran yang disampaikan kepada siswa. Bagian teks ini terdiri atas:

- (1) Judul bagian (kalau ada, halaman kanan)
- (2) Halaman kosong (kalau judul bagian ada, halaman kiri)
- (3) Judul bab (termasuk nomor bab, halaman kanan)
- (4) Subjudul
- (5) Sub-sub judul (bila ada)
- (6) Setiap bagian dan bab baru dibuat pada halaman kanan

d) Bagian Belakang Buku :

- (1) Glosari (bila perlu)
- (2) Daftar pustaka
- (3) Indeks (bila perlu)

2. Augmented Reality

a. Definisi Augmented Reality

Augmented Reality adalah suatu software yang dapat menggabungkan objek asli (nyata) dan objek maya ke dalam lingkungan yang dapat bergerak secara interaktif pada satu waktu. Interaksi antara objek dua dimensi menjadi objek tiga dimensi melalui perangkat-perangkat input tertentu dan terintegrasi dengan baik antar keduanya memerlukan penjejakkan yang efektif (Azuma, 2008, pp. 355-385).

Augmented reality (AR) adalah suatu bentuk yang muncul dari benda/objek asli yang tingkatkan oleh konten yang dihasilkan komputer di mana dapat terhubung ke lokasi dan atau kegiatan tertentu. AR memungkinkan konten digital menjadi tanpa halangan dan menyatu ke persepsi lingkungan nyata kita. Membuat objek dua dimensi menjadi 3 dimensi dengan berbagai ekspektasi, asset digital sebagai audio dan file video, informasi tekstual dan bahkan informasi yang hanya dapat dirasakan dapat disatukan ke pengguna (Yuen & Yaoyuneyong, 2011, p. 119).

Dengan bantuan teknologi *Augmented Reality*, lingkungan nyata di sekitar dapat berinteraksi dalam bentuk digital (virtual). Informasi-informasi tentang obyek dan lingkungan disekitar ditambahkan ke dalam sistem *Augmented Reality*. Kemudian informasi tersebut ditampilkan pada layar dunia nyata secara real-time sehingga seolah-olah informasi tersebut adalah nyata (Fernando, 2013).

Berdasarkan ketiga definisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *Augmented Reality* merupakan teknologi yang dapat mengintegrasikan objek maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata lalu memproyeksikan objek tersebut dalam satu waktu menjadi objek tiga dimensi yang dapat kita amati. Objek maya menampilkan informasi berupa label maupun obyek virtual yang hanya dapat dilihat dengan kamera handphone maupun dengan komputer. Sistem dalam *Augmented Reality* bekerja dengan menganalisa secara real-time obyek yang ditangkap dalam kamera dan membuat proyeksinya secara nyata.

b. Penggunaan Augmented Reality

Teknologi *Augmented Reality* memiliki potensi yang sangat signifikan baik dibidang ICT maupun pendidikan, Yuen, S.; Yaoyuneyong, G.; & Johnson, E. (2011: 119) menyatakan bahwa AR merepresentasikan pengembangan teknologi sosial di masyarakat modern saat ini. Teknologi AR dapat dimanfaatkan baik untuk kelompok independen maupun kelompok instansi atau organisasi tertentu di seluruh dunia. Potensi AR mencakup tiga kategori pokok, yaitu: (a) presentasi dan visualisasi, (b) industri dan (c) hiburan dan edukasi. Lebih lanjut lagi saat ini penggunaan AR selain digunakan untuk keperluan pendidikan, AR juga digunakan untuk industri dan media entertainment, industri game, keperluan perjalanan wisata, bidang pemasaran, serta bidang pengembangan media sosial dan networking.

c. Potensi Augmented Reality

Menurut penelitian Yuen (2011: 126-127) menyatakan bahwa pemanfaatan teknologi Augmented Reality dalam pembelajaran memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki potensi yang sangat besar dan manfaat yang sangat besar untuk perkembangan pengajaran dan pembelajaran lingkungan, AR memiliki potensi untuk melibatkan, merangsang, dan memotivasi siswa untuk mengeksplorasi materi kelas dari sudut yang berbeda, membantu mengajar mata pelajaran di mana siswa tidak bisa menjangkaunya dalam dunia nyata dan memberikan pengalaman sebenarnya pada siswa (misalnya astronomi, geografi dan Fisika), meningkatkan kolaborasi antara peserta didik dan pendidik serta kalangan pelajar, melatih kreatifitas dan imajinasi peserta didik, membantu siswa menguasai pelajaran mereka dengan langkah mereka sendiri dan di jalan mereka sendiri, membuat pembelajaran nyata yang sesuai untuk berbagai metode belajar.

Teknologi Augmented Reality ini dapat dimanfaatkan untuk membuat inovasi terbaru dalam dunia pendidikan. Salah satu penggunaan AR di bidang pendidikan adalah Buku terintegrasi AR. Buku terintegrasi AR membuat batas antara dunia digital dan dunia nyata semakin tipis. Teknologi AR mempunyai potensi yang besar untuk menawarkan peserta didik melihat objek 3D dalam lingkungan dan waktu yang nyata dan pengalaman yang interaktif serta dapat membuat pembelajaran lebih menarik bagi pembelajar sehingga materi pelajaran dapat lebih mudah dipahami.

Telah dikembangkan buku terintegrasi AR dapat digunakan untuk tingkat pertama. Institusi Promosi Pendidikan Sains dan Teknologi di Thailand mengembangkan Buku teks Geologi terintegrasi Augmented Reality 3D. Peserta didik dapat belajar mandiri dengan buku teks tersebut karena dapat menampilkan objek virtual 3D tentang lapisan-lapisan bumi dan hubungan serta fungsinya. Peserta didik dapat menggunakan buku tersebut sebagai perspektif dan pemahaman awal siswa melalui animasi

tiga dimensi yang dibuat oleh komputer ini termuat dalam setiap halaman buku. Oleh karena itu, potensi Buku terintegrasi AR dapat menarik segala macam tipe belajar peserta didik dan dapat membuat menarik minat belajar bagi peserta didik. Beberapa kelemahan buku pelajaran diantaranya tidak dapat menampilkan Ilustrasi dalam teks dan gambar karena bersifat dua dimensi, (Arsyad, 2007, p. 7) padahal materi Fisika berkaitan dengan gejala dan interaksi antar benda sehingga dibutuhkan media yang dapat menggambarkan secara utuh yaitu dalam bentuk tiga dimensi.

d. Komponen Augmented Reality

Dalam penerapannya teknologi Augmented reality memiliki beberapa komponen yang harus ada untuk mendukung kinerja dari proses pengolahan citra digital. Adapun komponen-komponen tersebut menurut Henry Sunjaya (2015) adalah sebagai berikut:

1) Scene Generator

Scene Generator adalah komponen yang berfungsi untuk melakukan rendering citra yang ditangkap oleh kamera. Objek virtual akan ditangkap kemudian diolah sehingga kemudian objek tersebut dapat ditampilkan.

2) Tracking System

Dalam proses tracking system dilakukan sebuah pendeteksian pola objek virtual dengan objek nyata sehingga sinkron diantara keduanya dalam artian proyeksi virtual dengan proyeksi nyata harus sama atau mendekati sama.

3) Display

Dalam pembangunan sebuah sistem yang berbasis AR dimana sistem tersebut menggabungkan antara dunia virtual dan dunia nyata ada beberapa parameter mendasar yang perlu diperhatikan yaitu optik dan teknologi video. Keduanya mempunyai keterkaitan yang tergantung pada faktor resolusi, fleksibilitas, titik pandang, tracking area. Ada batasan-batasan dalam pengembangan teknologi Augmented Reality dalam hal

proses menampilkan objek antarlain harus ada batasan pencahayaan, resolusi layar, dan perbedaan pencahayaan citra antara citra virtual dan nyata.

4) AR Devices

Ada beberapa tipe media yang dapat digunakan untuk menampilkan objek berbasis Augmented Reality yaitu dengan menggunakan optic, sistem retina virtual, video penampil, monitor berbasis AR dan proyektor berbasis AR.

Komponen *augmented reality* menurut Craig, Alan B dalam buku *Understanding Augmented Reality* (Craig, n.d., pp. 40-53) antara lain.

1. Sensor (s) untuk menentukan keadaan fisik dimana Aplikasi dijalankan. Tipe sensor ada 3 yaitu:

Tipe sensor :

- a) Sensor digunakan untuk pelacakan
- b) Sensor untuk mengumpulkan informasi lingkungan
- c) Sensor untuk mengumpulkan input pengguna

2. Sebuah prosesor untuk mengevaluasi data sensor Dan aturan dunia maya lainnya, dan untuk menghasilkan sinyal yang dibutuhkan untuk menggerakkan layar.
3. *Display* (Tampilan) yang cocok untuk menciptakan kesan bahwa dunia maya dan dunia nyata bersifat coexistent dan mengganggu indra peserta Sehingga dia merasakan kombinasi fisik dunia dan virtual.

C. Teori Tentang Listrik

Berdasarkan silabus kurikulum 2013 revisi 2016 pembelajaran untuk kompetensi pengetahuan sebagai berikut :

KD 3.2 Menganalisis muatan listrik, gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada berbagai kasus.

Listrik Statis (Elektrostatika):

- 1) Listrik statis dan muatan listrik
- 2) Hukum Coulomb
- 3) Medan listrik
- 4) Energi potensial listrik dan potensial listrik
- 5) Kapasitor

Rangkaian arus searah:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1) Arus listrik dan pengukurannya | 5) Energi dan daya listrik |
| 2) Hukum Ohm | 6) Rangkaian hambatan |
| 3) Arus listrik dalam rangkaian tertutup | 7) Gabungan sumber tegangan listrik |
| 4) Hambatan sepotong kawat penghantar | 8) Hukum II Kirchoff |

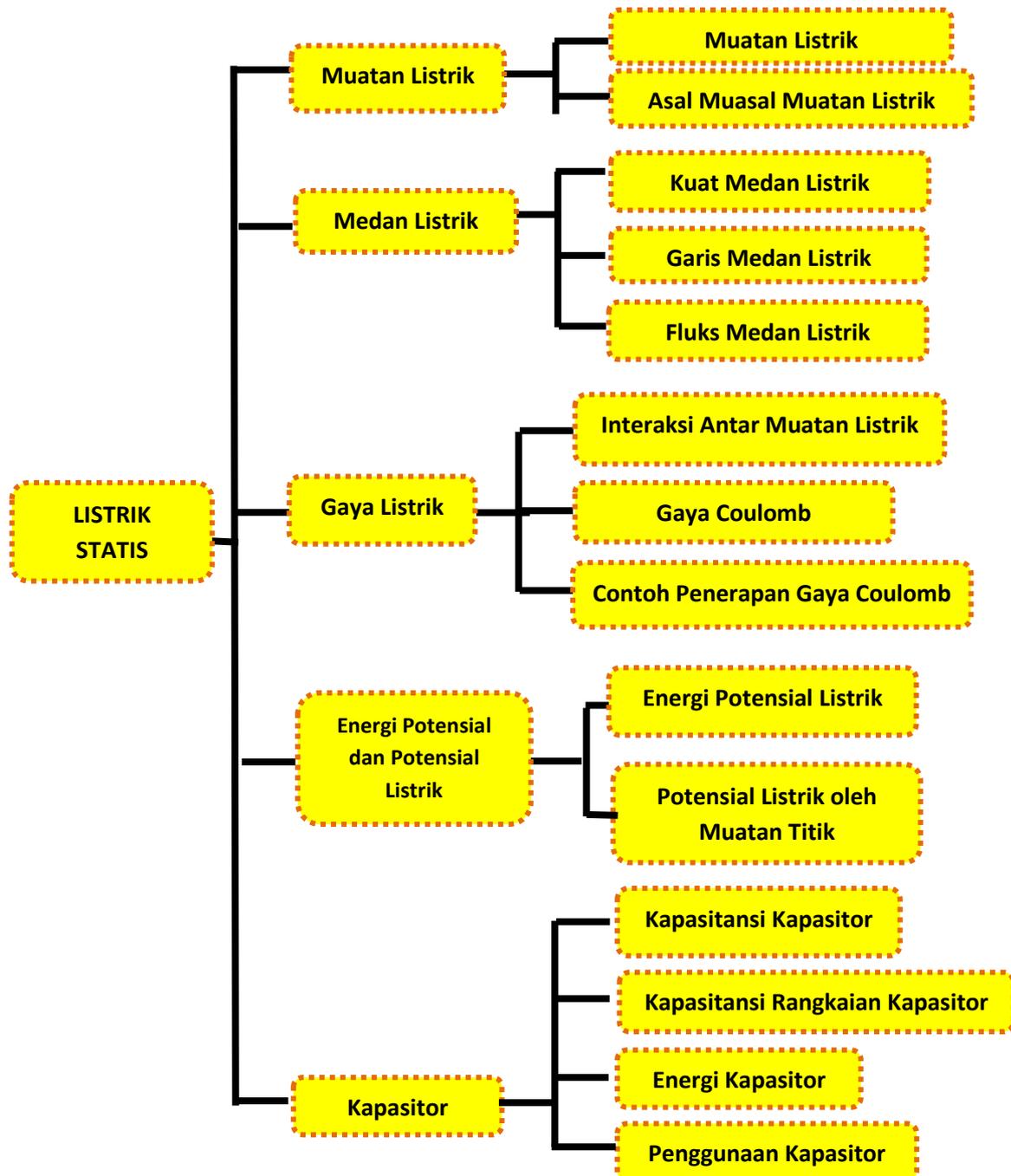
Cutnell & Johnson mengkaji pokok bahasan gaya listrik dan medan listrik membahas materi dari asal mula listrik statis, objek bermuatan dan gaya listrik, konduktor dan isolator, hukum Coulomb, medan listrik, medan listrik didalam konduktor, hukum Gauss, Fotokopi dan printer komputer.

Sedangkan Sears & Zemansky's mengkaji pokok bahasan muatan listrik dan medan listrik membahas materi muatan listrik, konduktor dan isolator, konservasi dan kuantisasi muatan, hukum Coulomb, medan listrik dan gaya listrik, menghitung medan listrik, garis medan listrik, hukum Gauss dan menghitung medan, dan muatan pada konduktor.

Berdasarkan penjabaran diatas sehingga materi yang peneliti kembangkan yaitu muatan listrik, medan listrik, garis medan, fluks medan

listrik, interaksi antar muatan listrik, gaya listrik, contoh gaya listrik, energi potensial dan potensial listrik, dan kapasitor.

Sehingga materi ini listrik statis dapat dipetakan seperti peta konsep berikut:



Gambar 2. 2 Peta konsep listrik statis

1. Listrik Statis (Elektrostatika)

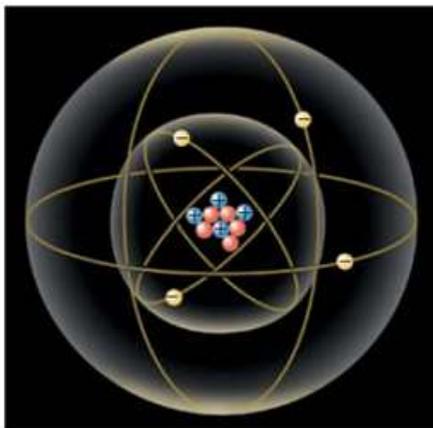
a. Muatan Listrik

Gejala kelistrikan berhubungan erat dengan struktur atom. Sebuah atom terdiri dari bagian-bagian yang kecil, bagian terbesar adalah nukleus yang terdiri dari proton dan neutron. Disekeliling nukleus, terdapat partikel yang mengorbit disebut elektron. Elektron memiliki massa $9,11 \times 10^{-31}$ kg. Seperti massa muatan listrik yang pada hakikatnya tersusun atas proton dan elektron, dan hanya terdapat dua tipe muatan yang telah ditemukan, muatan positif dan negatif.

Eksperimen mengungkapkan bahwa besar muatan dari proton tepatnya sama dengan besar muatan elektron; proton membawa muatan positif $+e$ dan elektron membawa muatan negatif $-e$. Satuan Internasional dari besaran muatan listrik adalah coulomb*(C), dan e telah ditentukan berdasarkan eksperimen yaitu $e = 1,60 \times 10^{-19}C$.

Simbol e merepresentasikan bahwa hanya besar muatan pada sebuah proton atau sebuah elektron dan tidak termasuk tanda aljabar yang

-  elektron
-  proton
-  neutron



Gambar 2. 3 atom tersusun atas bagian-bagian yang kecil, nukleus yang bermuatan positif, dengan dikelilingi oleh elektron yang bergerak bermuatan negatif.

menentukan apakah muatan tersebut adalah positif atau negatif.

Elektron yang bermuatan negatif dipertahankan di dalam atom itu oleh gaya tarikan listrik yang dikerahkan pada elektron itu oleh inti yang bermuatan positif (proton-proton dan neutron-neutron dipertahankan di dalam inti atomik yang stabil oleh sebuah interaksi tarikan, yang dinamakan gaya inti atau gaya nuklir, yang mengatasi tolakan listrik dari proton-proton. (Young, 2000).

b. Listrik Statis

Listrik dapat memiliki banyak kegunaan karena memungkinkan terjadinya perpindahan muatan listrik dari satu objek ke objek lain. Biasanya elektron berpindah dan bagian yang mengandung elektron memiliki kelebihan muatan negatif. Bagian yang kehilangan elektron memiliki kelebihan muatan positif. Seperti gaya pada yang lainnya, gaya listrik (atau biasa disebut gaya listrik statis) dapat mengubah gerak suatu objek (Cutnell, 2012).

Interaksi di antara muatan-muatan listrik yang diam (hampir diam) disebut elektrostatik atau listrik statis. Dua muatan positif atau dua muatan negatif saling tolak menolak. Sebuah muatan positif dan sebuah muatan negatif saling tarik menarik. Muatan listrik seperti massa, adalah salah satu sifat dasar partikel yang membentuk materi. Interaksi yang menentukan struktur dan sifat-sifat atom dan molekul terutama adalah interaksi listrik di antara partikel-partikel bermuatan listrik (Young, 2000).

c. Hukum Coulomb

Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) mengkaji gaya interaksi partikel-partikel bermuatan secara rinci pada tahun 1784. Dia menggunakan sebuah neraca punter untuk mengkaji interaksi gravitasi yang jauh lebih lemah. Untuk muatan-muatan titik (*point charges*), yakni benda bermuatan yang sangat kecil dibanding dengan jarak r di antara muatan-muatan itu, Coulomb mendapati bahwa gaya listrik sebanding dengan $1/r^2$. Yakni, bila r menjadi dua kali lipat, maka gaya itu berkurang menjadi $1/4$ dari nilainya semula; bila jarak itu menjadi setengahnya, maka gaya itu bertambah menjadi empat kali nilai semula (Young, 2000).

Gaya listrik di antara dua muatan titik bergantung juga pada kuantitas muatan pada setiap benda, yang dinyatakan dengan q dan Q .

Hukum Coulomb (Coulomb's law):

Besarnya gaya listrik di antara dua muatan titik berbanding langsung dengan hasil kali muatan-muatan itu dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak di antara muatan-muatan itu.

Besar gaya Coulomb dinyatakan dengan:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}, \dots \dots \dots (1)$$

Dimana k, adalah sebuah konstanta kesebandingan yang nilai numeriknya bergantung pada sistem satuan yang digunakan. Dalam satuan SI konstanta k dalam persamaan (1) adalah

$$k = 8,987551787 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$$

Nilai k diketahui terkait erat dengan laju cahaya dalam ruang hampa. $c = (10^{-7} N \cdot s^2 / C^2) c^2$.

Dalam SI konstanta k dalam persamaan (1) dapat dituliskan sebagai $1/4\pi \epsilon_0$, dimana ϵ_0 ("epsilon nol") adalah sebuah konstanta lain. Hukum Coulomb dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \dots \dots \dots (2)$$

(hukum Coulomb: gaya diantara dua muatan listrik)

Hukum Coulomb digunakan hanya untuk muatan-muatan titik dalam ruang hampa. (Young, 2000).

d. Medan Listrik

Gaya listrik pada sebuah benda yang bermuatan dikerahkan oleh medan listrik yang diciptakan oleh benda bermuatan lainnya. Medan listrik \vec{E} di sebuah titik di definisikan sebagai gaya listrik \vec{F}_0 yang dialami oleh sebuah muatan uji q di titik itu, dibagi dengan muatan q_0 . Yakni, medan listrik di sebuah titik tertentu sama dengan gaya listrik per satuan muatan yang dialami oleh sebuah muatan di titik itu:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \dots \dots \dots (3)$$

Dalam satuan SI, satuan gaya adalah 1 N,

satuan muatan adalah 1 C,
 satuan besarnya medan listrik adalah 1 newton per coulomb (1 N/C)
 (Young, 2000).

e. Energi Potensial Listrik dan Potensial Listrik

a. Energi potensial listrik

Energi potensial listrik adalah kerja yang dilakukan untuk “menaikkan” sebuah partikel dari sebuah titik b dimana energi potensialnya adalah U_b ke sebuah titik a di mana energi potensial itu mempunyai nilai yang lebih besar U_a (dengan mendorong dua muatan positif lebih dekat bersama-sama, misalnya). Untuk menggerakkan partikel itu perlahan-lahan (agar tidak memberikan energi kinetik pada partikel itu), perlu adanya gaya luar \vec{F}_{luar} yang sama besarnya dan berlawanan arah dengan gaya medan listrik itu dan melakukan kerja positif. Maka selisih energi potensial $U_a - U_b$ di definisikan sebagai kerja yang harus dilakukan oleh sebuah gaya luar untuk menggerakkan partikel itu perlahan-lahan dari b ke a melawan gaya listrik itu. (Young, 2000).

$$U = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{qq_0}{r} \dots \dots \dots (4)$$

(energi potensial listrik dari dua muatan titik q dan q_0)

b. Potensial Listrik

Potensial adalah energi potensial per satuan muatan. Kita mendefinisikan V di sembarang titik dalam sebuah medan listrik sebagai energi potensial U per satuan muatan :

$$V = \frac{U}{q_0}, \text{ atau } U = q_0 V \dots \dots \dots (5)$$

Baik energi potensial maupun muatan adalah besaran skalar, sehingga potensial merupakan besaran skalar.

$$1 V = 1 \text{ volt} = 1 J/C = 1 \text{ joule/coulomb.}$$

Selisih potensial diantara dua titik dinamakan **tegangan** (voltage). (Young, 2000).

f. Kapasitor

Kapasitor adalah alat yang menyimpan energi potensial listrik dan muatan listrik. Dua konduktor sembarang yang dipisahkan oleh sebuah isolator (ruang hampa) membentuk sebuah kapasitor. (Young, 2000)

Kapasitor, kadang-kadang disebut kondensator, adalah sebuah alat yang dapat menyimpan muatan listrik, dan terdiri dari dua benda yang merupakan penghantar (biasanya pelat atau lembaran) yang diletakkan berdekatan tetapi tidak saling menyentuh. (Giancoli, 2001)

Sebuah kapasitor terdiri dari sepasang pelat sejajar dengan luas A yang dipisahkan oleh jarak d yang kecil.

Jika kapasitor diberi tegangan, maka akan cepat menjadi bermuatan. Satu pelat mendapat muatan negatif, dan yang lainnya bermuatan positif sejumlah yang sama. Untuk kapasitor tertentu, jumlah muatan Q yang didapat oleh setiap pelat sebanding dengan beda potensial V :

$$Q = CV$$

Konstanta pembanding C , pada hubungan ini disebut **kapasitansi** dari kapasitor tersebut. Satuan kapasitansi adalah coulomb per volt, dan satuannya disebut **farad (F)**. Sebagian besar kapasitor memiliki kapasitansi dalam kisaran 1 pF (pikofarad = $10^{-12}F$) sampai 1 μF (microfarad = $10^{-6}F$).

Kapasitansi C adalah konstanta untuk sebuah kapasitor tertentu: tidak bergantung pada Q atau V . Nilainya hanya bergantung pada struktur dan dimensi kapasitor itu sendiri. Untuk kapasitor pelat sejajar yang masing-masing memiliki luas A dan dipisahkan oleh jarak d yang berisi udara, kapasitansi dinyatakan:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}, \text{ (kapasitor pelat sejajar) } \dots \dots \dots (6)$$

(Giancoli, 2001).

Cutnell & Johnson mengkaji materi rangkaian listrik antara lain gaya gerak listrik dan arus listrik, hukum Ohm, hambatan, arus listrik, arus bolak balik, rangkaian parallel, rangkaian seri, rangkaian listrik gabungan seri dan parallel, hambatan dalam, hukum Kirchoff, pengukuran arus listrik dan beda potensial, kapasitor rangkaian seri dan parallel.

Sedangkan Sears & Zemansky's mengkaji materi arus, hambatan dan rangkaian arus searah mencakup materi arus listrik, hambatan dan hukum Ohm, gaya gerak listrik dan rangkaian, energi dan daya pada arus listrik, hambatan pada rangkaian seri dan parallel, hukum Kirchoff, rangkaian hambatan dan kapasitansi.

Berdasarkan penjabaran diatas maka materi yang peneliti kembangkan yaitu arus listrik, hambatan, gaya gerak listrik dan tegangan terminal, hambatan dalam gaya gerak listrik, hukum Ohm, resistor seri dan parallel, gabungan sumber tegangan, hukum Kirchoff, energi dan daya listrik.

2. Listrik Dinamis (Rangkaian arus searah)

A. Arus listrik

Aliran muatan yang mengalir melalui kawat rangkaian disebut arus listrik. Lebih tepat lagi, arus listrik pada kawat di definisikan sebagai jumlah total muatan yang melewatinya per satuan waktu pada suatu titik. Dengan demikian, arus rata-rata I didefinisikan sebagai

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

ΔQ adalah jumlah muatan yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu Δt . Arus listrik diukur dalam coulomb per detik; diberi nama ampere (A atau amp).

B. Hukum Ohm

Untuk menghasilkan arus listrik pada rangkaian, dibutuhkan beda potensial. Georg Simon Ohm (1787-1854) menentukan dengan eksperimen

bahwa arus pada kawat logam sebanding dengan beda potensial V yang diberikan ke ujung-ujungnya:

$$I \propto V$$

Besar aliran arus pada kawat tidak hanya bergantung pada tegangan, tetapi juga pada hambatan yang diberikan kawat terhadap aliran elektron. Elektron-elektron diperlambat karena adanya interaksi dengan atom-atom kawat. Makin tinggi hambatan ini, makin kecil arus suatu tegangan V . Arus listrik berbanding terbalik dengan hambatan. Diperoleh persamaan hubungan antara arus listrik dengan hambatan sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (8)$$

di mana R adalah hambatan kawat atau alat lainnya, V adalah beda potensial yang melintasi alat tersebut, dan I adalah arus yang mengalir. Hubungan persamaan (8) sering dituliskan

$$V = IR$$

(Giancoli, 2001, pp. 67-68)

C. Arus dalam Rangkaian Tertutup

Jika terminal-terminal baterai dihubungkan dengan jalur penghantar yang kontinu, akan menjadi suatu rangkaian listrik, terlihat pada gambar. Ketika rangkaian seperti ini terbentuk, muatan dapat mengalir melalui kawat rangkaian, dari satu terminal baterai ke yang lainnya. Aliran muatan seperti ini disebut arus listrik.

Arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah total muatan yang melewatinya per satuan waktu pada suatu titik. Dengan demikian, arus rata-rata I didefinisikan sebagai

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Keterangan : ΔQ adalah jumlah muatan yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu Δt . Arus listrik diukur dalam Coulomb per detik; satuan ini diberi nama khusus, **ampere** (disingkat amp atau A).

D. Rancangan Model

Kerangka buku pembelajaran fisika yang memuat pokok bahasan listrik statis dan dinamis ini mengacu pada (Sitepu, 2015).

Tabel 2.1 Kerangka buku pembelajaran listrik statis dan dinamis

Subkomponen	Butir
a. Ukuran Buku	1. Kesesuaian ukuran buku dengan standar B5 (176 x 250 mm). 2. Kesesuaian ukuran dengan materi isi buku.
b. Tata Letak	b) Penulisan Judul, subjudul, perincian subjudul, tabel, diagram dan sebagainya secara konsisten. c) Tata letak buku teks pembelajaran mendukung pembelajaran secara efektif dan efisien.
c. Ukuran Huruf dan Spasi dalam Baris	a) Ukuran huruf jelas dan dapat dibaca. b) Panjang Baris dan ukuran huruf yang sesuai dengan naskah teks. c) Spasi kata konsisten.
d. Diagram dan ilustrasi	a) Menarik perhatian bagi pembaca/siswa. b) Membuat konsep terlihat kongkrit. c) Menghalau dari istilah-istilah teknis. d) Memperjelas konsep visual dan spsial. e) Membantu siswa dalam mengingat lebih lama.
e. Anatomi Isi Buku	Kulit Buku a) Kulit depan atau kulit muka, memuat: (1) Judul buku (2) Subjudul buku (3) Nama penulis (4) Ilustrasi (5) Nama penerbit

	<p>(6) Logo penerbit</p> <p>b) Punggung Buku, memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Judul buku (2) Subjudul buku (bila ada) (3) Nama penulis (4) Logo penerbit <p>c) Kulit Belakang, memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Sinopsis buku (2) Pembaca sasaran (3) Riwayat singkat dan foto penulis (4) Nomor ISBN dalam bentuk angka biasa atau berkode <p>d) Bagian Depan Buku</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Halaman judul separuh/perancis (halaman kanan: i) (2) Halaman kosong (halaman kiri: ii) (3) Halaman judul utama (halaman kanan: iii) (4) Halaman hak cipta/halaman katalog (halaman kiri: iv) (5) Halaman daftar isi (halaman kanan: v) (6) Halaman kata pengantar (halaman kanan: vi) <p>e) Bagian Teks Buku</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Judul bagian (kalau ada, halaman kanan) (2) Halaman kosong (kalau judul bagian ada, halaman kiri) (3) Judul bab (termasuk nomor bab, halaman kanan) (4) Subjudul (5) Sub-sub judul (bila ada) (6) Setiap bagian dan bab baru dibuat pada halaman kanan
--	---

	f) Bagian Belakang Buku (1) Glosari (bila perlu) (2) Daftar pustaka (3) Indeks (bila perlu)
--	--

E. Penelitian yang Relevan

- Media 3D tata surya berbasis augmented reality yang dapat digunakan sebagai alat peraga dalam pembelajaran. Pemanfaatan alat peraga berbasis teknologi augmented reality sangat bermanfaat dalam meningkatkan proses belajar mengajar karena teknologi augmented reality dapat menampilkan gambar menjadi objek bergerak sehingga secara kongkret materi yang disampaikan melalui representasi visual tiga dimensi dengan melibatkan interaksi user dalam frame augmented reality. (Wibisono, 2011).
- Konsep pengembangan *augmented reality* (AR) lebih dari sekedar teknologi, namun akan lebih produktif lagi jika digunakan dalam bidang pendidikan. Telah diidentifikasi fitur dan kemampuan sistem AR dan penerapannya. Pendekatan dalam pembelajaran dapat menggunakan sistem AR dan adanya keselarasan antara desain teknologi AR, pendekatan pembelajaran, dan pengalaman belajar menjadi lebih penting. Kami mengklasifikasikan tiga kategori pendekatan pembelajaran yang menekankan "peran," tugas, "dan" lokasi, "dan mendiskusikan apa dan bagaimana kategori pendekatan AR agar dapat membantu siswa dalam belajar. Ketika teknologi AR memberikan peluang, ini akan membuat tantangan baru bagi pendidik. Secara garis besar, teknologi, pedagogi, berbagai permasalahan dalam pembelajaran sangat berhubungan dengan penerapan AR dalam bidang pendidikan. Sebagai contoh, siswa dalam lingkungan yang menggunakan AR memungkinkan tingkat kognitifnya meningkat. (Hsin-Kai Wu, 2012).

- Teknologi AR bisa menjadi pengembangan yang sangat baik untuk buku teks dan buku latihan, karena teknologi AR memberikan pengalaman tampilan virtual untuk lebih memahami model dalam konteks pembelajaran. Buku AR juga menarik perhatian para guru karena adanya kesempatan untuk tampilan buku yang interaktif, simulasi, grafis tiga dimensi, suara dan animasi yang bisa membantu memahami proses kompleks atau tampilan model 3D. (Otilia Pasaréti, 2011).
3. Jaringan pusat ilmu pengetahuan, universitas, perusahaan R & D dan para periset di Eropa mengembangkan *Augmented Reality* sebagai solusi pendidikan yang baru untuk pelatihan guru dalam kerjasama dengan guru, sekolah, dan administrasi pendidikan yang menghubungkan pendidikan formal dan pembelajaran informal. Tujuannya untuk mengidentifikasi unsur terpenting dalam kurikulum di berbagai negara untuk mengajarkan tentang proses penyelidikan ilmiah dengan menggunakan pembelajaran untuk membuat pengamatan yang jelas (Salmi, 2011, p. 5).
 4. Menurut evaluasi dan penelitian pendidikan yang dilakukan selama proyek Science Center to Go, berikut hasil yang dicapai: 1) dengan teknologi AR sangatlah mungkin untuk menggabungkan benda nyata dengan benda-benda maya dan menempatkan informasi yang sesuai ke dalam lingkungan yang nyata; 2) sangat memungkinkan AR untuk membuat konvergensi pendidikan menantang karena teknologi mengoptimalkan dan memperluas; 3) proyek tersebut menerapkan alat realitas tambahan yang memvisualisasikan kekuatan (medan, medan) yang tak terlihat dengan memproyeksikan objek virtual ke dalam setting eksperimental yang sebenarnya. 4) sistem AR memungkinkan siswa untuk berinteraksi secara fisik dan intelektual dengan materi pembelajaran pembelajaran instruksional melalui eksperimen "hands on" dan "mind on"; 5) Sebagai hasil dari penyelidikan ini, para ahli pedagogis dan guru yang hadir dalam

proses sebagai elemen utama yang bergerak dari pembelajaran yang dikendalikan oleh guru ke pembelajaran yang berorientasi pada siswa dengan pengetahuan kontekstual; 6) kegunaan, ketersediaan dan harga teknologi AR ini membuatnya segera tersedia untuk rutinitas pendidikan sehari-hari; 7) ambang batas tidak ada lagi uang atau teknologi, tapi sumber daya mental. (Salmi, 2011, p. 5)

F. Kerangka Berpikir

Keterbatasan buku fisika yang bersifat 2 dimensi yaitu susah divisualkan dalam menyajikan materi fisika yang bersifat abstrak contohnya konsep penggambaran medan listrik, aliran arus, aliran muatan, hukum Ohm, dan hukum Kirchoof maka menyebabkan proses pembelajaran menjadi kurang optimal.

Sebagian besar pengajar relatif sulit untuk menyampaikan pokok bahasan fisika yang bersifat abstrak, empiris, dan matematis dengan hanya melalui media pembelajaran statis dua dimensi yaitu, buku.

Kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan dampak terhadap sistem pengajaran. Melalui pengembangan teknologi *Augmented Reality* dalam bidang pendidikan, penelitian ini mengembangkan buku menggunakan efek gerak 3 dimensi nyata, video, maupun audio, hanya dengan memindai buku menggunakan kamera, pengamatan fenomena fisika secara langsung dapat dilakukan siswa dimanapun dan kapanpun. Melalui buku yang menggunakan media AR siswa dapat melakukan pengamatan terkait fenomena fisika secara langsung, sehingga pembelajaran fisika dapat lebih dipahami siswa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menghasilkan buku fisika yang dilengkapi media *augmented reality* untuk Materi Listrik Statis dan Listrik Dinamis sebagai buku pelengkap untuk siswa SMA kelas XII semester I.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pengembangan buku fisika yang dilengkapi media *augmented reality* dilakukan di laboratorium digital fisika UNJ dan laboratorium komputer fisika UNJ. Uji lapangan dalam bentuk grup kecil (*small group test*) dilakukan di SMAN 105 Jakarta. Waktu penelitian dimulai pada tanggal 25 Juli 2017.

C. Karakteristik Model yang Telah Dikembangkan

Pengembangan buku pembelajaran berbasis *augmented reality* untuk materi listrik statis dan listrik dinamis merupakan media belajar yang menggabungkan bahan bacaan (*reading materials*) dengan bahan non bacaan (*non reading materials*) serta menggabungkan pembelajaran secara verbal dan visual. Pada bahan bacaan mencakup materi pelajaran listrik statis dan listrik dinamis, dan bahan non bacaan mencakup animasi 3D dan video pembelajaran. *Augmented reality* berguna untuk mengetahui karakteristik listrik statis dan listrik dinamis melalui pemodelan 3D (tiga dimensi) yang dapat memvisualisasikan secara nyata fenomena listrik statis dan listrik dinamis.

D. Pendekatan dan Model Penelitian

Perancangan pengajaran menurut sistem pendekatan model Dick dan Cerey mempunyai tahapan; mengidentifikasi tujuan umum pembelajaran, melaksanakan analisis pembelajaran, mengidentifikasi tingkah laku masukan dan karakteristik siswa, merumuskan tujuan performansi, mengembangkan butir-butir tes acuan patokan, mengembangkan strategi pembelajaran, mengembangkan dan memilih materi pelajaran, mendesain dan melaksanakan evaluasi formatif dan merevisi pembelajaran.

Penelitian dan pengembangan menghasilkan produk berupa buku dilengkapi augmented reality pada pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis dan menguji kelayakan produk tersebut.

E. Langkah-langkah Penelitian

1. Identifikasi Tujuan Pembelajaran

Pada tahap ini dilakukan identifikasi tujuan umum pembelajaran yang dikembangkan dalam buku fisika yang dilengkapi *augmented reality*. Dilakukan perumusan tujuan umum pembelajaran dan penetapan kompetensi dasar yang dikembangkan. Kompetensi dasar yang dikembangkan adalah KD 3.1 dan 3.2 pada kelas XII semester I.

Identifikasi juga dilakukan terhadap pengembangan model animasi 3D dan video pembelajaran yang dikembangkan. Dari beberapa konsep materi fisika yang telah dilakukan analisis sesuai dengan tingkat potensi miskonsepsi siswa, maka beberapa animasi 3D yang dibuat yaitu medan muatan positif, medan muatan negatif, medan muatan positif dan negatif, medan muatan positif dan positif, medan muatan negatif-negatif, elektrooskop, arus listrik dan arus elektron.

Sedangkan berdasarkan pertimbangan untuk menunjang kegiatan pengamatan, eksperimen dan stimulasi, maka dirancang

video fenomena petir, eksperimen listrik statis, simulasi pHet muatan listrik, pengenalan kapasitor dan fenomena listrik statis, penggunaan energi listrik, dan eksperimen hukum Ohm.

Selain itu, identifikasi teknologi juga diperlukan karena produk yang dikembangkan adalah buku yang menggunakan media *augmented reality* yang membutuhkan fasilitas teknologi yang memadai seperti *smartphone android versi Jelly* dan jaringan internet. Pengembangan *augmented reality* menggunakan *software Unity 3D 5.6.1f1 64 Bit* dan *Vuforia Developer*. Keunggulan *software Unity 3D* adalah penggunaan *software* secara gratis.

2. Analisis instruksional

Analisis instruksional terhadap KD 3.1 dan 3.2 untuk menentukan indikator pembelajaran.

KD 3.1 Menganalisis prinsip kerja peralatan listrik searah (DC) dalam kehidupan sehari-hari.

KD 3.2 Menganalisis muatan listrik, gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada berbagai kasus. Indikator yang telah dirumuskan;

Indikator Listrik Statis :

1. Mengidentifikasi prinsip muatan listrik, kuat medan listrik, serta penerapannya pada berbagai kasus.
2. Memperkirakan penyebab gejala kelistrikan pada fenomena listrik statis dan terjadinya pergerakan muatan pada elektrostatik.
3. Menentukan besaran medan listrik, gaya listrik, energi potensial dan potensial listrik.
4. Menentukan hubungan interaksi antar muatan listrik.
5. Memecahkan masalah mengenai kapasitansi kapasitor, kapasitansi rangkaian kapasitor dan energi kapasitor.

Indikator Listrik Dinamis:

1. Menjelaskan pengertian arus listrik setelah mengamati animasi 3D arus listrik dengan baik.
2. Memahami faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya arus listrik setelah menyimak video eksperimen hukum Ohm dengan baik.
3. Membandingkan hubungan antara beda potensial, kuat arus dan hambatan listrik setelah menyimak video eksperimen hukum Ohm dengan baik.
4. Membandingkan hubungan antara rangkaian beda potensial, dan hambatan secara seri dan parallel setelah mempelajari materi bab listrik dinamis.
5. Memahami prinsip hukum II Kirchoff setelah mempelajari materi hukum Kirchoff dengan baik.
6. Mengetahui besaran-besaran yang terkait dengan energi dan daya listrik setelah mempelajari buku pada bab listrik dinamis.

Hasil analisis ini menentukan materi yang dikembangkan pada buku fisika yang dilengkapi *augmented reality* yaitu pada pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis.

Materi yang dikembangkan yaitu;

Listrik Statis (Elektrostatika):

- 1) Listrik statis dan muatan listrik
- 2) Hukum Coulomb
- 3) Medan listrik
- 4) Garis medan listrik
- 5) Fluks medan listrik
- 6) Energi potensial listrik dan potensial listrik
- 7) Kapasitor

Rangkaian arus searah:

- 1) Arus listrik dan pengukurannya
- 2) Hukum Ohm
- 3) Arus listrik dalam rangkaian tertutup
- 4) Hambatan sepotong kawat penghantar
- 5) Rangkaian hambatan
- 6) Gabungan sumber tegangan listrik
- 7) Hukum II Kirchoff
- 8) Energi dan daya listrik

3. Mengidentifikasi Tingkah Laku Awal

Pada tahap ini peneliti mengidentifikasi bagaimana karakteristik guru dan siswa SMAN 105 Jakarta terhadap teknologi pendidikan yang akan dikembangkan yakni buku yang menggunakan media augmented reality.

Melalui wawancara terhadap guru fisika pada tanggal 26 Juli 2017, didapatkan hasil bahwa guru mendukung penggunaan buku fisika dilengkapi *augmented reality* dengan menggunakan *smartphone android* agar siswa dapat merasakan pembelajaran yang inovatif. Tetapi guru harus mengawasi agar siswa tidak menyalahgunakan media yang digunakan untuk kepentingan di luar kegiatan belajar mengajar.

Kesiapan guru dalam menggunakan buku dilengkapi AR, agar lebih maksimal dan efektif pemanfaatannya, maka guru harus membuat media tambahan misalnya berupa lembar kerja. Sehingga pembelajaran tidak monoton. Guru harus menggunakan buku yang dilengkapi AR dengan menggunakan *smartphone* terlebih dahulu agar saat pelaksanaan bisa berjalan dengan baik.

Identifikasi juga dilakukan terhadap perangkat *smartphone* yang menunjang teknologi *augmented reality* yang dikembangkan. Peneliti juga meneliti apakah peserta didik mempunyai *smartphone*

android dan jaringan internet yang dapat digunakan untuk menggunakan buku listrik statis dan listrik dinamis tersebut.

Peneliti melakukan identifikasi teknologi penunjang buku AR yaitu penggunaan *smartphone android* pada siswa kelas XII MIPA C SMAN 105 Jakarta. Hasil identifikasi yaitu pengguna *smartphone android* berjumlah 28 siswa dan pengguna *IOS* 9 siswa. Selain itu, peneliti melakukan identifikasi penunjang buku AR lainnya yaitu akses internet. Sebanyak 34 siswa memiliki akses internet pribadi, sedangkan 3 siswa tidak memiliki akses internet. Berdasarkan hasil analisis teknologi penunjang buku AR terhadap 37 siswa, didapatkan kesimpulan bahwa siswa kelas XII MIPA C telah siap dalam menggunakan buku dilengkapi *augmented reality*.

4. Merumuskan Tujuan Kerja atau Tujuan Pembelajaran Khusus

Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi keterampilan-keterampilan yang dipelajari, kondisi pencapaian unjuk kerja, dan kriteria pencapaian pembelajaran.

Setiap materi pembelajaran pada fisika SMA disusun tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran disusun berdasarkan kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi.

Tujuan pembelajaran materi listrik statis dan listrik dinamis adalah sebagai berikut:

Tujuan Pembelajaran Listrik Statis :

1. Siswa dapat mengidentifikasi prinsip muatan listrik, kuat medan listrik, serta penerapannya pada berbagai kasus setelah mengamati video AR dengan baik.
2. Siswa dapat memperkirakan penyebab gejala kelistrikan pada fenomena listrik statis dan terjadinya pergerakan muatan pada elektrooskop setelah mengamati video simulasi Phet dan animasi 3D elektrooskop dengan tepat.

3. Siswa dapat menentukan medan listrik, gaya listrik, energi potensial dan potensial listrik setelah mengamati animasi 3D medan listrik dan mempelajari materi bab listrik statis.
4. Siswa dapat menentukan hubungan interaksi antar muatan listrik setelah menyimak video simulasi Phet dengan baik.
5. Siswa dapat memecahkan masalah mengenai kapasitansi kapasitor, kapasitansi rangkaian kapasitor dan energi kapasitor setelah menyimak video pengenalan kapasitor dan mempelajari materi kapasitor.

Tujuan Pembelajaran Listrik Dinamis:

1. Siswa dapat menjelaskan pengertian arus listrik setelah mengamati animasi 3D arus listrik dengan baik.
2. Siswa dapat memahami faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya arus listrik setelah menyimak video eksperimen hukum Ohm dengan baik.
3. Siswa dapat membandingkan hubungan antara beda potensial, kuat arus dan hambatan listrik setelah menyimak video eksperimen hukum Ohm dengan baik.
4. Siswa dapat membandingkan hubungan antara rangkaian beda potensial, dan hambatan secara seri dan parallel setelah mempelajari materi bab listrik dinamis.
5. Siswa dapat memahami prinsip hukum II Kirchoff setelah mempelajari materi hukum Kirchoff dengan baik.
6. Siswa dapat mengetahui besaran-besaran yang terkait dengan energi dan daya listrik setelah mempelajari buku pada bab listrik dinamis.

5. Menyusun Alat Penilaian Hasil Belajar

Berdasarkan tujuan yang ditulis, pada tahap ini peneliti membuat soal pretes dan postes berisi 10 butir pilihan ganda. Selain itu kisi-kisi instrumen penilaian terhadap buku dilengkapi *augmented*

reality dibuat untuk uji kelayakan materi, media, uji coba lapangan oleh guru fisika dan siswa. Berikut ini merupakan kisi-kisi *pretest* dan *posttest*.

Tabel 3.1 Kisi-kisi *pretest*

Indikator	Kognitif						Jumlah (soal)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mengidentifikasi prinsip muatan listrik.	1						1
Menentukan garis medan listrik dengan benar	2						1
Mengidentifikasi kuat medan listrik.	3						1
Mengidentifikasi prinsip muatan listrik.	4						1
Mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi kapasitor keping sejajar Menentukan besaran gaya listrik	5						1
Memperkirakan gaya tolak-menolak yang timbul di antara kedua muatan		6					
Menentukan besaran medan listrik			7				1
Menentukan ilai kuat medan listrik di dalam bola			8				1

Indikator	Kognitif						Jumlah (soal)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Menentukan nilai garis medan listrik yang menembus bidang			9				1
Memecahkan masalah mengenai kapasitansi rangkaian kapasitor			10				1
Total							10

Tabel 3.2 Kisi-Kisi *Posttest*

Indikator	Kognitif						Jumlah (soal)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mengidentifikasi kuat medan listrik.	1						1
Mengidentifikasi prinsip muatan listrik.	2						1
Menentukan garis medan listrik dengan benar	3						1
Memperkirakan penyebab gejala kelistrikan pada fenomena listrik statis (kapasitor)		4					1
Menentukan besaran gaya listrik			5				1
Mengklasifikasikan faktor yang				6			1

Indikator	Kognitif						Jumlah (soal)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
mempengaruhi kuat medan listrik di antara dua keping							
Mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi kapasitor keping sejajar	7						1
Menentukan besaran medan listrik			8				1
Menentukan nilai usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik			9				1
Memecahkan masalah mengenai potensial listrik di suatu titik			10				1
Total							10

6. Mengembangkan Strategi Pembelajaran

Pada tahap ini peneliti menyusun rancangan buku dilengkapi *augmented reality* dikembangkan dilengkapi fitur video stimulasi pembelajaran, video eksperimen, video simulasi Phet dan animasi 3D. Terdapat lembar diskusi hasil pengamatan video eksperimen dan simulasi Phet. Selain itu terdapat apersepsi, contoh soal dan evaluasi disetiap akhir bab. Fitur-fitur pada buku dapat dijabarkan sebagai berikut:

a) Video stimulasi

Berisi video fenomena fisika yang sesuai dengan konteks materi listrik statis dan listrik dinamis. Video stimulasi

dilengkapi dengan pertanyaan-pertanyaan yang bertujuan untuk menggugah pemikiran siswa sehingga diharapkan siswa memiliki motivasi untuk mengeksplorasi pengetahuannya secara mandiri.

b) Video eksperimen

Berisi video eksperimen listrik statis dan hukum Ohm. Video eksperimen listrik statis menayangkan interaksi antara benda yang dipengaruhi oleh muatan listrik.

Video eksperimen hukum Ohm menayangkan eksperimen hukum Ohm yang dilengkapi dengan data hasil percobaan dan grafik hubungan antara beda potensial dengan arus listrik.

c) Video simulasi Phet

Berisi video yang menayangkan simulasi Phet muatan listrik dan benda netral. Video ini menampilkan interaksi antara benda netral dengan benda bermuatan. Ditampilkan perbedaan muatan antara balon dengan sweter dan dinding. Video ini bertujuan agar siswa dapat mengamati interaksi antara benda netral dengan benda bermuatan, dan pemisahan muatan.

d) Animasi 3D

Animasi 3D yang ditampilkan bertujuan untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak seperti medan muatan listrik, kerja elektrostatik, arus listrik, dan arus elektron.

e) Apersepsi berupa info fisika

Bertujuan untuk memberikan motivasi pada siswa. Apersepsi yang berupa info fisika ini berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.

f) Lembar diskusi hasil pengamatan

Bertujuan untuk mengasah pemikiran siswa, membuat siswa agar mengeksplorasi pengetahuannya secara mandiri, dan mendiskusikannya bersama teman sekelompok, lalu

mempresentasikannya ketika dalam pembelajaran berlangsung.

g) Contoh soal

Bertujuan untuk memberikan langkah-langkah penyelesaian masalah terkait persoalan fisika.

h) Evaluasi pada akhir bab

Berisi soal-soal fisika berupa pilihan ganda sebanyak 10 butir.

7. Pengembangan Media

Pengembangan buku menggunakan *ms.word*, pengembangan *augmented reality* menggunakan *unity 3D versi 5.6.1f1 64 Bit*, pengembangan video pembelajaran menggunakan aplikasi *power director*, dan pengembangan ikon dan tools aplikasi menggunakan *adobe fireworks CS6*.

Buku teks pelajaran diperkaya dengan media *augmented reality* berupa video, dan animasi bergerak 3 dimensi yang menyajikan fenomena-fenomena fisika sehingga siswa dapat mengamati secara langsung.

Selanjutnya adalah menghasilkan bahan pembelajaran fisika materi listrik statis dan dinamis kelas XII semester I yang sesuai kurikulum 2013 revisi 2016.

8. Merancang Desain dan melaksanakan evaluasi formatif.

Tahap pengembangan buku fisika dilengkapi *augmented reality* terbagi menjadi dua bagian yaitu pengembangan buku fisika dan *augmented reality*. Materi pada buku sesuai dengan kurikulum 2013 revisi 2016 kelas XII semester I kompetensi dasar 3.1 dan 3.2. Penulisan buku sesuai dengan komponen-komponen buku pelajaran. Pemilihan konsep fisika untuk pengembangan *augmented reality* dilakukan dengan menganalisis silabus kurikulum 2013 revisi 2016. Setelah dilakukan analisis silabus fisika SMA kelas XII KD 3.1 dan 3.2, dilakukan penyusunan buku fisika.

Kemudian merancang *augmented reality* diawali dengan memilih dan merancang konsep fisika yang dijadikan *augmented reality*. Setelah rancangan konsep fisika yang dijadikan *augmented reality*, lalu merancang dalam bentuk video dan animasi 3D. Setelah perancangan dilakukan, untuk mengetahui kelayakan video dan animasi 3D dilakukan validasi.

Tahap validasi bertujuan untuk menilai kelayakan buku fisika dilengkapi *augmented reality* yang dikembangkan. Tahap pra-validasi dilakukan dengan konsultasi pada dosen pembimbing sehingga didapatkan masukan dan saran pengembangan. Tahap pra-validasi berguna untuk mengetahui kelayakan produk sebelum dilakukan uji kelayakan produk oleh validator. Hasil evaluasi evaluasi ini dijadikan patokan untuk melakukan revisi dalam mengembangkan produk. Uji kelayakan dilakukan oleh validator yang terdiri dari materi dan media. Dalam melaksanakan uji kelayakan digunakan instrumen atau angket penilaian untuk mengumpulkan data. Berdasarkan hasil validasi ini, peneliti bisa menyimpulkan tentang kelayakan produk, kelebihan dan kekurangan produk serta kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan produk.

Setelah melalui uji kelayakan produk, dilakukan di uji lapangan oleh guru fisika SMA, uji keterbacaan oleh 5 siswa dan uji coba grup kecil oleh 10 siswa SMAN 105 Jakarta kelas XII. Penentuan kelas untuk uji coba ditentukan berdasarkan teknik *random sampling* atau pengambilan sampel secara acak pada hari selasa 25 Juli 2017, yaitu kelas XII MIPA C.

Uji lapangan oleh guru Fisika SMAN 105 Jakarta, teknis pelaksanaannya yaitu, peneliti membimbing guru menggunakan buku AR kemudian guru mengamati dan membaca buku AR. Setelah itu guru mengisi angket yang telah disediakan.

Uji coba grup kecil oleh 10 siswa kelas XII MIPA C dipilih secara acak dengan syarat memiliki *smartphone android* dan kuota internet

untuk mengunduh aplikasi AR-Electric. Uji coba grup kecil dilakukan diluar jam pelajaran diawali dengan pretes selama 30 menit. Kemudian 10 siswa diberikan buku dan mencoba dirumah selama 1 hari. Pada hari ke-3 dilakukan pretes dan pengisian angket yang telah disediakan.

Sedangkan uji keterbacaan 5 siswa dilakukan melalui wawancara mengenai tata letak buku, tampilan buku, penulisan buku, paparan buku, video, animasi 3D AR, dan tampilan interface.

9. Revisi pembelajaran

Strategi pembelajaran ditinjau kembali dan akhirnya semua pertimbangan ini dimasukan kedalam revisi pembelajaran untuk membuat buku dilengkapi *augmented reality* menjadi layak digunakan dalam pembelajaran.

Peneliti telah melakukan revisi buku dilengkapi *augmented reality* setelah uji kelayakan materi dan media, serta uji coba lapangan. Selanjutnya, produk yang telah melalui revisi tersebut, peneliti menyimpulkan kelayakan produk untuk digunakan siswa dalam pembelajaran.

10. Mengembangkan evaluasi sumatif

Untuk tahap melakukan evaluasi sumatif, dalam penelitian ini tidak dilakukan. hal tersebut dikarenakan evaluasi sumatif dilakukan untuk jangka waktu yang lama.

F. Langkah-langkah Pengembangan Model

1. Penelitian Pendahuluan

Telah dilakukan studi literatur dengan pencarian informasi melalui jurnal-jurnal dan penelitian sebelumnya mengenai konsep fisika yang abstrak dan perlu divisualisasikan. Telah dipilih materi listrik statis dan listrik dinamis, dikarenakan terdapat konsep fisika yang abstrak seperti muatan listrik, interaksi antar muatan listrik, medan listrik, arus elektron, arus listrik dan kapasitor.

2. Jadwal Penelitian

Tabel 3.3 Jadwal Penelitian

Tahapan	2016			2017							
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt
Penyusunan Proposal											
Analisis instruksional											
Penelitian pendahuluan											
Telaah dan penjabaran Materi											
Seminar Pra Skripsi											
Edit rancangan dan Pembuatan model											
Uji Coba											
Revisi dan evaluasi											
Penyusunan laporan akhir											
Sidang skripsi											

3. Validasi, Evaluasi, dan Revisi

Validitas instrumen menjadikan instrumen tersebut dapat memberikan suatu nilai yang sesungguhnya dari masalah yang di kaji. Pada evaluasi ini instrumen yang digunakan divalidasi oleh pakar. Validasi pakar dilakukan dengan melibatkan para ahli dibidang materi dan media untuk menilai dan memberikan masukan tentang isi dari instrumen apakah sudah sesuai dengan maksud dan tujuan.

Setelah melalui uji validasi, kemudian data-data tersebut akan diolah dan dianalisis untuk selanjutnya diadakan evaluasi terhadap

pengembangan buku teks pembelajaran dilengkapi *Augmented Reality* pada Pokok Bahasan Listrik Statis dan Listrik Dinamis. Setelah melewati tahap evaluasi, maka peneliti merevisi sesuai dengan hasil analisis data sebelumnya.

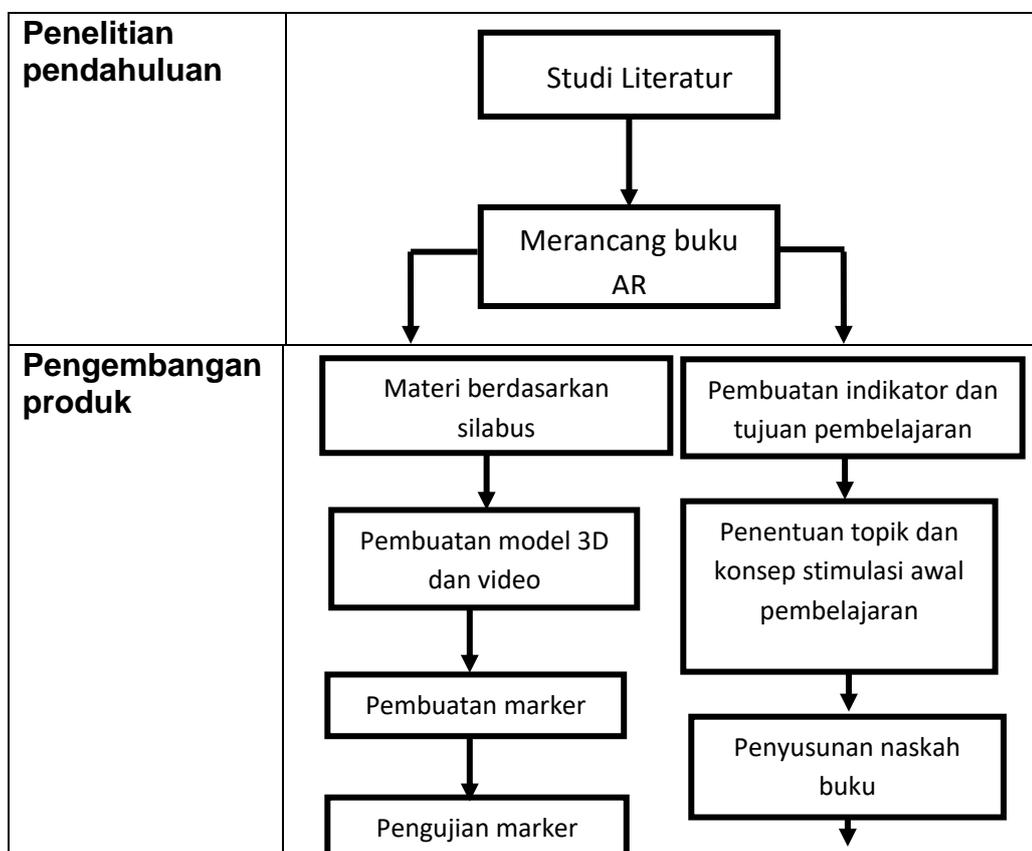
a) Implementasi Model

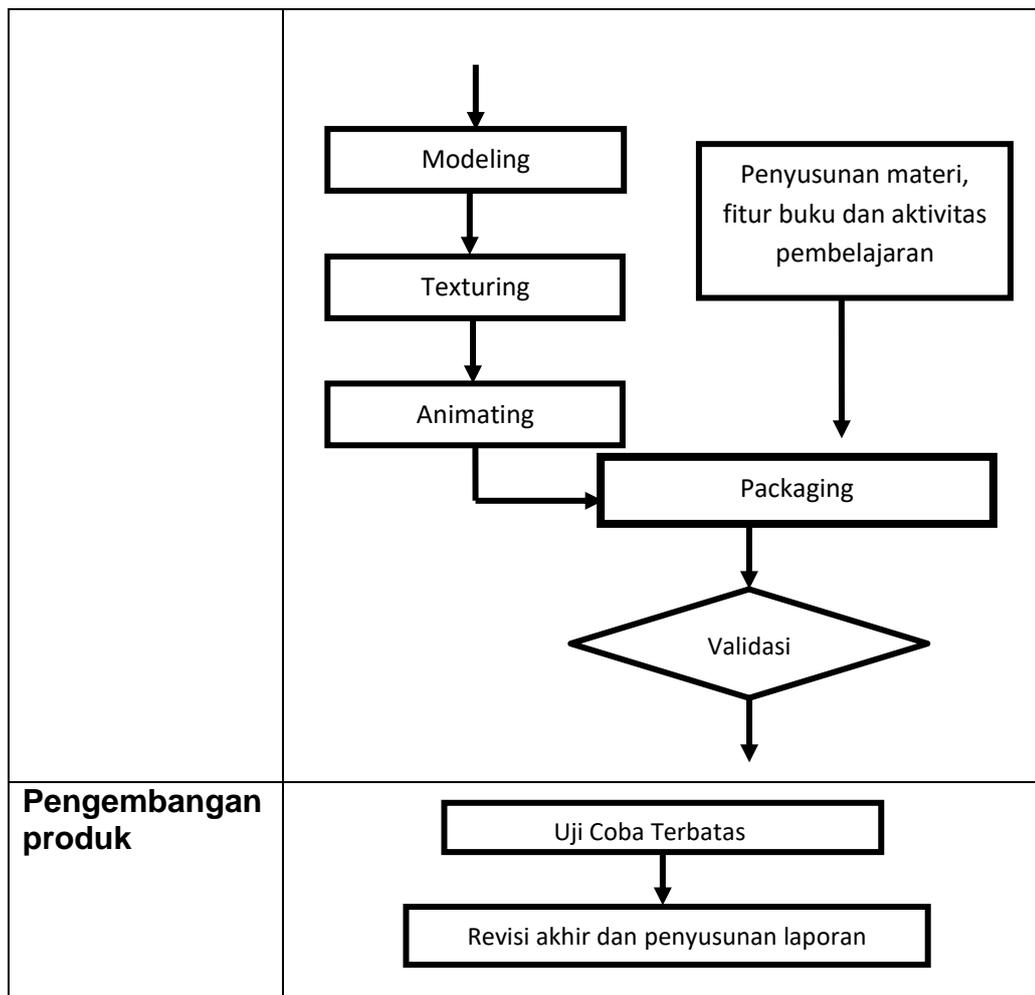
Pada tahap ini, buku fisika dilengkapi *Augmented Reality* pada pokok bahasan Listrik Statis dan Dinamis yang telah dikembangkan oleh peneliti selanjutnya diimplementasikan kepada siswa-siswi SMAN 105 Jakarta.

Kelayakan buku ini diuji dengan diadakannya pretes pada hari pertama, lalu siswa diberikan buku dan membacanya diluar jam pelajaran selama satu hari, kemudian hari berikutnya diadakan postes.

b) Desain Penelitian

Tabel 3.4 Langkah-langkah pengembangan model





c) Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah angket atau kuesioner. “Angket atau kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya” (Sugiyono, 2011:142).

Angket digunakan untuk mengukur kualitas media atau bahan ajar yang dikembangkan. Instrumen angket pada penelitian ini digunakan untuk memperoleh data dari ahli media, ahli materi, dan ahli pembelajaran sebagai bahan mengevaluasi media

pembelajaran yang dikembangkan. Berikut kisi-kisi instrumen penilaian untuk uji validasi.

1. Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli media:

Tabel 3.1 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli media

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
Ukuran Buku	Ukuran buku telah sesuai dengan standar ISO :A4 (210 X 297 mm) atau B5 (176 x 250 mm)	1,2,3	3
	Indikator telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)		
	Ukuran buku telah proporsional dengan materi isi buku		
Tata Letak Kover Buku	Penataan unsur tata letak pada cover depan dan belakang telah memiliki komposisi yang jelas.	3,4,5,6,7	5
	Pusat pandang (<i>point center</i>) telah ditampilkan dengan baik dan jelas		
	Ukuran unsur tata letak proporsional dengan ukuran buku		
	Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi (materi isi buku)		
	Penampilan unsur tata letak telah konsisten (sesuai pola)		
Tipografi Kover Buku	Ukuran huruf judul buku lebih dominan dibandingkan (nama pengarang, penerbit dan logo)	8,9,10,11, 12,13,14, 15	8
	Warna judul buku kontras dengan warna latar belakang		
	Ukuran huruf telah proposional dengan ukuran buku		
	Tidak menggunakan terlalu banyak kombinasi jenis huruf		
	Tidak menggunakan huruf hias/dekorasi		
	Jenis huruf telah disesuaikan dengan isi/ materi buku		
	Ilustrasi telah dapat menggambarkan isi/materi buku		
Bentuk, warna, ukuran, proporsi ilustrasi/objek telah disesuaikan dengan konsep			

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
Tata Letak Isi Buku	Penempatan unsur tata letak telah konsisten berdasarkan pola	16,17,18,19 20,21,22,23 24,25,26,27 28,29,30,31 32,33	18
	Pemisahan antar paragraph telah jelas		
	Penempatan judul bab dan yang setara (kata pengantar, daftar isi, dll) telah seragam/konsisten		
	Bidang cetak dan marjin telah proporsional terhadap ukuran buku		
	Jarak antara teks dan ilustrasi telah sesuai		
	Marjin antara dua halaman berdampingan telah proporsional		
	Bentuk, warna dan ukuran unsur tata letak telah sesuai		
	Penempatan gambar/ilustrasi sebagai latar belakang tidak mengganggu judul, teks, angka halaman.		
	Penempatan judul, subjudul, ilustrasi dan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman.		
	Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf		
	Tidak banyak menggunakan jenis huruf hias/dekoratif		
	Penggunaan variasi huruf (<i>bold, italic, capital, small capital</i>) tidak berlebihan.		
	Besar huruf telah sesuai dengan tingkat pendidikan peserta didik		
	Jenis huruf telah sesuai dengan materi isi		
	Spasi antar baris susunan teks telah proporsional		
Jarak antara huruf telah proporsional			
Jenjang/hierarki judul-judul telah jelas dan konsisten			
Jenjang/hierarki judul-judul telah proporsional			
Ilustrasi Isi Buku	Mampu mengungkap makna/arti dari obyek	34,35,36,37 38	5
	Bentuk buku telah proporsional		

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	Bentuk dan skala telah sesuai dengan kenyataan / realitis		
	Keseluruhan gambar/ ilustrasi telah serasi		
	Goresan garis dan <i>raster</i> telah jelas		
Interface AR	<i>Interface</i> AR telah tertata dengan baik	39,40,41	3
	Menu interface telah berfungsi dengan baik		
	Konsistensi <i>marker</i> dengan video yang ditampilkan telah sesuai		
Isi AR	Fitur peminadai (<i>scan</i>) AR telah dapat dioperasikan dengan mudah	42,43,44,45 46,47,48,49 50	9
	Resolusi layar yang dihasilkan video AR telah sesuai		
	Kesesuaian pemilihan warna media AR sudah tepat		
	Jenis huruf yang digunakan dalam media AR telah sesuai		
	Ukuran huruf yang digunakan dalam media AR telah sesuai sehingga dapat dibaca dengan jelas		
	Kesesuaian media AR dengan materi telah disajikan dengan baik		
	Efek <i>background</i> yang digunakan dalam AR video terdengar jelas		
	Kualitas suara pada media AR sudah baik		
	Setiap media AR telah dilengkapi dengan sumber yang jelas		
Total			50

2. Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli materi:

Tabel 3.2 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi ahli materi

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
Kesesuaian Materi	Peta konsep telah mencerminkan kaitan pokok materi sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar (KD)	1,2,3,4,5 6,7,8,9,10 11,12,13,14 15	15

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	Indikator telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)		
	Isi materi telah sesuai dengan tujuan pembelajaran		
	Kaitan antar materi telah sesuai dengan peta konsep		
	Materi pada buku fisika telah disajikan sesuai daya nalar siswa SMA		
	Persamaan matematis memudahkan siswa memahami konsep fisika yang dipelajari		
	Rumus dan keterangan rumus telah disajikan dengan jelas		
	Keterangan rumus telah dilengkapi dengan satuan internasional.		
	Gambar yang disajikan telah mendukung pemahaman konsep materi		
	Terdapat keterangan gambar yang jelas pada setiap gambar yang disajikan		
	Video AR yang disajikan telah mendukung pemahaman konsep materi		
	Contoh soal yang disajikan telah mendukung untuk memahami materi.		
	Pembahasan contoh soal telah disajikan secara sistematis		
	Uraian materi telah disajikan secara terstruktur dengan baik		
	Uraian materi tidak terdapat miskonsepsi		
	Kekonsistenan Materi		
Setiap keterangan rumus telah dilengkapi dengan satuan.			
Setiap sub bab telah dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan uraian materi.			

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	Sistematika penulisan untuk setiap bagian telah disajikan secara konsisten		
Bahasa Penulisan Materi	Uraian materi telah disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami	20,21,22,23	4
	Uraian materi telah disajikan dengan pembahasan yang tidak multitafsir		
	Penulisan materi telah memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar		
	Penulisan istilah-istilah yang digunakan telah sesuai dengan aturan bahasa Indonesia		
Total			23

3. Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi lapangan :

Tabel 3. 3 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk validasi lapangan guru fisika SMA

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
Kesesuaian materi	Peta konsep telah mencerminkan kaitan pokok materi sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar (KD)	1,2,3,4,5 6,7,8,9	9
	Tujuan telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)		
	Isi materi telah sesuai dengan kompetensi dasar pada Kurikulum 2013 revisi 2016		
	Rumus dan keterangan rumus yang disajikan sudah jelas dan dilengkapi dengan satuan Internasional		
	Gambar yang disajikan sudah memudahkan pemahaman konsep materi dan terdapat keterangan gambar yang jelas		

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	Ringkasan yang disajikan sudah sesuai dengan uraian materi		
	Contoh soal dan pembahasan yang disajikan sudah mendukung untuk memahami materi		
	Uraian materi yang disajikan telah terstruktur dengan baik		
	Uraian materi tidak terdapat miskonsepsi		
Kekonsistenan Materi	Penggunaan simbol dalam persamaan matematis (rumus) disajikan secara konsisten	10,11,12 13	4
	Setiap sub bab dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan uraian materi.		
	Sistematika penulisan untuk setiap bagian disajikan secara konsisten		
	Uraian materi untuk setiap sub pokok bahasan disajikan secara proporsional		
Bahasa Penulisan Materi	Uraian materi disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami	14,15,16	3
	Uraian materi disajikan dengan pembahasan yang tidak multitafsir		
	Penulisan materi memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar		
Aplikasi Augmented Reality	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.	17,18,19,20 21,22,23,24 25	9
	Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai		
	Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik		
	Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.		
	Video AR yang ditampilkan sudah sesuai dengan uraian materi		

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik		
	Jenis huruf dan ukuran huruf pada video sudah dapat terbaca dengan jelas.		
	Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik		
	Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas		
Total			25

Tabel 3.4 Kisi-kisi instrumen penelitian untuk uji coba terbatas oleh siswa

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
Tampilan Buku	Tata letak setiap komponen pada cover buku sudah proporsional	1,2,3,4,5	6
	Pemilihan warna pada cover buku sudah seirama		
	Pemilihan jenis huruf dan ukuran huruf pada buku telah dapat terbaca dengan jelas		
	Gambar ilustrasi yang disajikan sudah jelas		
	Jarak setiap bab, sub bab, contoh soal dan latihan soal sudah konsisten		
Paparan pada Buku	Peta konsep yang disajikan telah menggambarkan materi yang akan disajikan		
	Video yang disajikan telah memperjelas uraian materi		
	Video yang disajikan telah memperjelas uraian materi		
	Urutan sub bab telah konsisten dimulai dari materi yang sederhana		

Aspek	Butir	Nomor Pertanyaan	Jumlah
	sampai materi yang kompleks	7,8,9,10, 11,12,13,	8
	Bahasa penyajian materi sudah jelas dan tidak mengandung makna ganda.		
	Persamaan matematis sudah menggunakan symbol yang sesuai dan konsisten		
	Persamaan matematis diikuti keterangan lambang dan Satuan Internasional		
	Contoh soal dan pembahasan konsep membantu dalam memahami materi		
	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.		
Aplikasi Augmented Reality	Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai	14,16,17,18 19,20,21,22	9
	Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik		
	Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.		
	Ukuran video yang ditampilkan dengan aplikasi AR sudah proporsional		
	Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik		
	Jenis font dan ukuran font pada video sudah dapat terbaca dengan jelas.		
	Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik		
	Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas		
Total			22

4. Teknik Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini diperoleh dari angket uji validasi dan uji coba lapangan menggunakan skala Likert. Adapun ahli materi dan media dari dosen fisika UNJ, uji coba lapangan oleh guru fisika SMA, uji coba terbatas oleh 10 siswa, uji coba keterbacaan oleh 5 siswa SMAN 105 Jakarta.

Uji validasi dilakukan oleh para ahli dengan mengisi angket yang disediakan oleh peneliti. Angket dalam bentuk kuisioner adalah kumpulan dari pernyataan yang diajukan secara tertulis untuk memperoleh informasi tentang hal terkait penilaian produk yang telah dikembangkan.

Uji lapangan oleh guru fisika SMA diawali dengan penjelasan cara penggunaan buku AR, lalu peneliti menunjukkan fitur-fitur yang terdapat dalam buku AR, kemudian diakhiri dengan mengisi angket yang disediakan peneliti.

Uji coba grup kecil oleh 10 siswa dilakukan dikelas XII MIPA C. Pemilihan kelas XII MIPA C untuk uji coba grup kecil berdasarkan jadwal mata pelajaran fisika pada hari selasa tanggal 25 juli 2017 bertepatan dengan kelas XII MIPA C. Pemilihan 10 siswa dipilih secara acak dengan syarat siswa memiliki *smartphone android* minimal *Android 4.1 Jelly Bean*. Uji coba grup kecil diawali dengan mengadakan pretes diluar jam pelajaran. Setelah itu peneliti membagikan buku fisika listrik statis dan melakukan download aplikasi AR-Electric secara bersama-sama. Siswa dipersilahkan menggunakan buku dan aplikasi AR-Electric dirumah selama 1 hari. Pada hari ke-3 siswa melakukan postes dan mengisi angket yang disediakan peneliti.

Sedangkan uji keterbacaan oleh 5 siswa dilakukan dengan wawancara. Peneliti membimbing cara menggunakan buku dan aplikasi AR-Electric. Kemudian siswa diwawancarai dengan beberapa pertanyaan mengenai ukuran dan jenis huruf pada buku

dan aplikasi, tata letak buku, bahasa pemaparan pada buku dan video 3D dan panjang kalimat pada buku. Hasil uji keterbacaan berupa deskripsi hasil wawancara.

8. Teknik Analisis Data

a) Skala Likert

Kesulitan dalam mengukur sikap, karakter, dan sifat kepribadian terletak pada prosedur untuk mentransfer kualitas ini ke dalam ukuran kuantitatif untuk tujuan analisis data. (Harry N. Boone, 2012, p. 1)

Skala likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial. (Sugiyono, 2016, p. 93)

Skala likert adalah teknik penskalaan non-komparatif dan bersifat unidimensional (hanya mengukur sifat tunggal) di alam. Responden diminta untuk menunjukkan tingkat kesepakatan/persetujuan mereka dengan pernyataan yang diberikan melalui urutan skala. (Bertram, 2004, p. 1)

Paling banyak digunakan adalah skala poin 5 mulai dari "Sangat Tidak Setuju" di satu sisi untuk "Sangat Setuju"; Namun, beberapa praktisi menganjurkan penggunaan 7 dan 9 poin yang menambahkan granularitas tambahan. Kadang-kadang skala 4 titik (atau nomor genap lainnya) digunakan untuk menghasilkan pengukuran ipsatif (pilihan paksa) dimana tidak ada pilihan yang terbuka. Setiap tingkat pada skala diberi nilai numerik atau pengkodean, biasanya dimulai pada 1 dan bertambah satu untuk setiap tingkat. (Bertram, 2004, p. 1).

Untuk melakukan penelitian terhadap instrumen yang diberikan kepada ahli media, ahli materi, guru serta siswa dalam pembuatan

buku menggunakan media augmented reality untuk pembelajaran, peneliti menggunakan skala likert dengan tabel (Sugiyono, 2013, p. 94) sebagai berikut:

Tabel 3.5 Skala likert

(Sugiyono, 2016, p. 99)

Penilaian	Bobot Skor
Sangat setuju	5
Setuju	4
Tidak tahu/ragu-ragu	3
Tidak setuju	2
Sangat tidak setuju	1

Data yang telah dikumpulkan pada angket validasi pada dasarnya merupakan data kualitatif. Untuk menghitungnya maka data dirubah kedalam data kuantitatif. Skor harapan adalah skor tertinggi yang diharapkan dari setiap aspek. Dalam penelitian ini, skor tertinggi bernilai 5. Maka rumus sebagai berikut (Arikunto, 1996, p. 244) :

$$presentase = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Penelitian berfokus pada pengembangan buku menggunakan media augmented reality, maka data dianalisis dengan sistem deskriptif persentase. Batas penilaian ketepatan dan kesesuaian pengembangan buku yang menggunakan media AR didasarkan pada kriteria interpretasi skor kelayakan media yaitu (Arikunto, 1996, p. 244):

Tabel 3.6 Interpretasi Skor Kelayakan Media

(Arikunto, 1996, p. 244)

Presentase (%)	Keterangan
0-20	Sangat Lemah
21-40	Lemah
41-60	Cukup
61-80	Baik/Layak
81-100	Sangat baik/Sangat Layak

Berdasarkan kriteria tersebut, maka media dikatakan layak apabila persentasenya > 60% dari semua aspek.

b) Pretest dan Posttest dan Uji Gain Ternormalisasi

Desain pretest-posttest termasuk kategori analisis data berpasangan. Data berpasangan muncul saat unit eksperimen yang sama, seperti misalnya hewan laboratorium, diukur pada beberapa variabel pada dua kesempatan yang berbeda atau pada saat yang sama dalam kondisi pengujian yang berbeda. (Bonate, 2000, p. 1).

Skor perubahan relatif mengubah nilai pretes dan posttest menjadi nilai perubahan proporsional, C dinyatakan sebagai perubahan mutlak atau perubahan absolut. Rumus untuk mengonversi nilai pretest dan posttest dapat ditulis sebagai berikut

$$C = \frac{Y - X}{X}$$

C merupakan perubahan nilai, Y adalah nilai postes, dan X adalah nilai pretes. (Bonate, 2000, p. 75).

Nilai gain (*General Assesment of Instructional Needs*) bertujuan untuk mengetahui tingkatan kemampuan pemahaman siswa dalam penggunaan buku Fisika dilengkapi AR. Nilai skor gain dihitung dengan rumus (Meltzer, 2002)

$$N \text{ gain} = \frac{\text{Postes} - \text{Pretes}}{\text{skor maks} - \text{Pretes}}$$

Untuk data yang didapatkan dari hasil pretes dan postes dianalisis dengan uji gain ternormalisasi. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai siswa sebelum dan sesudah menggunakan buku fisika dilengkapi *augmented reality*, apakah terjadi peningkatan atau penurunan. Rumus yang digunakan yaitu;

$$\text{Gain ternormalisasi } (g) = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretes}}$$

Kategori gain ternormalisasi (g) dikategorikan sebagai berikut;

Tabel 3.7 Kategori gain ternormalisasi

Gain Ternormalisasi	Interpretasi
$-1,00 \leq g < 0,00$	Terjadi penurunan
$g = 0,00$	Tidak terjadi peningkatan
$0,00 < g < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi

BAB IV

HASIL PENELITIAN PENGEMBANGAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Produk Penelitian

Produk penelitian yang dikembangkan yaitu buku pelajaran dilengkapi dengan augmented reality untuk SMA kelas XII semester I. Hasil produk penelitian pengembangan yang akan dibahas yaitu:

1. Hasil Pembuatan Media Cetak
2. Hasil Pengembangan Fitur Buku dan Animasi 3D
3. Hasil Pengembangan Animasi 3D dan Video dilengkapi Augmented Reality
4. Hasil Pembuatan Tampilan Menu
5. Hasil Pembuatan Ikon Aplikasi dan Tampilan Menu
6. Hasil Aplikasi Menggunakan Augmented Reality
7. Hasil Pembuatan Marker

1. Hasil Pembuatan Media Cetak

Media cetak berupa buku pelajaran ini dibuat menggunakan software Microsoft Word, Paint, dan Adobe Fireworks CS 6.

Komponen Buku Pelajaran antara lain:

1. Ukuran Buku
Ukuran buku yang digunakan berdasarkan kesesuaian standar ISO yang banyak digunakan yaitu B5 (175 x 250 mm)
2. Ukuran Huruf dan Spasi
Ukuran huruf yang digunakan adalah, 11 dan 12 point untuk teks sedangkan 24 poin untuk judul, 14 poin untuk sub judul.
3. Jenis Huruf
Jenis huruf yang digunakan adalah Arial untuk teks dan Cambria Math untuk menuliskan persamaan matematis.

4. Spasi huruf

Spasi huruf yang digunakan adalah 1,5.

5. Diagram dan Ilustrasi

- Ilustrasi

Gambar ilustrasi yang digunakan sebagai penarik perhatian bagi pembaca/siswa, membuat konsep terlihat kongkrit sehingga siswa lebih mudah memahami materi, penghalau dari istilah-istilah teknis, penjelas konsep visual, membantu siswa dalam mengingat lebih lama.

Contoh :



→ Gambar ilustrasi

Gambar 4.1 Contoh ilustrasi dilengkapi deskripsi dan sumber

Gambar 1.34 Beberapa kapasitor komersial dan pemanfaatan kapasitor → Deskripsi

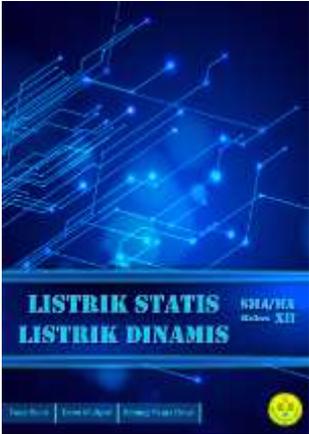
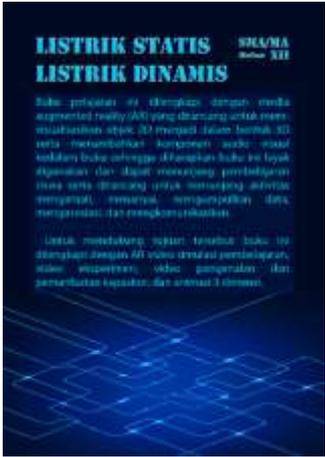
Sumber: <http://www.blogkamarku.com/2016/06/elektronika-dasar-mengetahui-apa-itu.html> → Sumber

6. Anatomi Buku

(a) Kulit Buku

Kulit buku terdiri atas kulit depan, kulit punggung, dan kulit belakang.

Tabel 4.1 Bagian-bagian kulit buku

No.	Komponen	Tampilan
1	<p>Kulit depan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul buku 2. Subjudul buku 3. Nama penulis 4. Ilustrasi 	
2	<ol style="list-style-type: none"> a. Sinopsis buku b. Pembaca sasaran 	

(b) Bagian Depan Buku

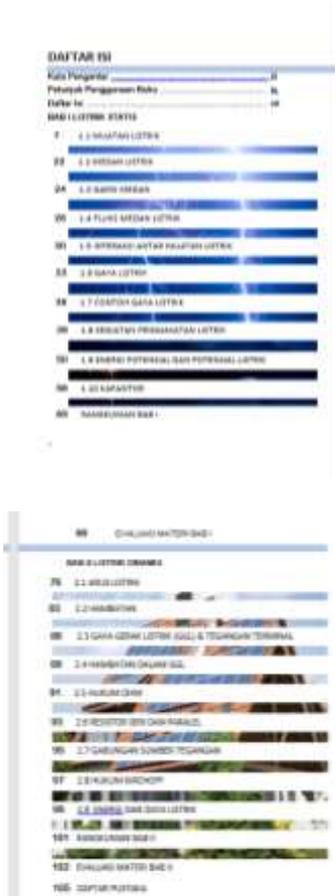
Bagian depan (preliminaries) buku teks pelajaran memuat:

- (1) Halaman judul separuh/perancis (halaman i)
- (2) Halaman hak cipta/halaman katalog (halaman ii)
- (3) Halaman kata pengantar (halaman iii)
- (4) Halaman petunjuk penggunaan buku (halaman iv)
- (5) Halaman daftar isi (x)

Berikut ini, pembahasan mengenai bagian depan buku

Tabel 4.2 Bagian-bagian depan buku

No.	Komponen	Tampilan
1.	Halaman judul separuh/perancis	
2.	Halaman hak cipta/halaman katalog	

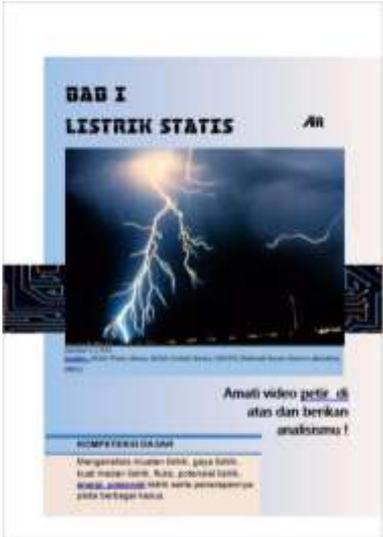
3.	Halaman kata pengantar	 <p>KATA PENGANTAR</p> <p>Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT karena oleh kerahmatanya penulis dapat menyelesaikan buku Peta Apiter Persepsi Persepsi Leluhur Masyarakat Suku Dayak. Buku Peta Apiter Persepsi Persepsi Leluhur Masyarakat Suku Dayak ini disusun berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dan beberapa ahli yang relevan dengan topik penelitian ini.</p> <p>Buku pengantar ini ditujukan dengan media augmented reality (AR) yang dirancang untuk memvisualisasikan objek 3D menjadi objek 2D yang akan memudahkan pembaca untuk memahami buku sebagai alat bantu belajar yang dapat digunakan dan dapat meningkatkan pemahaman siswa serta mendorong untuk menantang siswa mengenai, menantang, menggunakan, dan menggunakan dan menggunakan.</p> <p>Buku ini dirancang untuk membantu buku ini ditujukan dengan AR yang akan memudahkan, video augmented, video augmented dan pemanfaatan teknologi, dan inovasi teknologi.</p> <p>Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan buku ini. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dan semua pihak demi sempurnanya buku ini.</p> <p style="text-align: right;">Mauke, Juni 2017 Penulis</p>
4.	Daftar isi	 <p>DAFTAR ISI</p> <p>Kata Pengantar ii Pendahuluan iii BAB I PENDAHULUAN iv</p> <p>1.1 PENDAHULUAN v 1.2 Maksud dan Tujuan vi 1.3 Ruang Lingkup vii 1.4 Fungsi dan Manfaat viii 1.5 Hubungan antara penelitian ini ix 1.6 Cara Kerja x 1.7 Manfaat xi 1.8 Struktur Organisasi xii 1.9 Definisi Istilah xiii 1.10 Kesimpulan xiv 1.11 Saran xv BAB II PEMBAHASAN xvi</p> <p>2.1 PENDAHULUAN xvii 2.2 PEMBAHASAN xviii 2.3 GAMBAR GAMBAR LITRIS (GGL) & TAMPILAN TAMPILAN xix 2.4 PEMBAHASAN (GGL) & TAMPILAN TAMPILAN xx 2.5 PEMBAHASAN xxi 2.6 PEMBAHASAN xxii 2.7 PEMBAHASAN xxiii 2.8 PEMBAHASAN xxiv 2.9 PEMBAHASAN xxv 2.10 PEMBAHASAN xxvi 2.11 PEMBAHASAN xxvii 2.12 PEMBAHASAN xxviii 2.13 PEMBAHASAN xxix 2.14 PEMBAHASAN xxx 2.15 PEMBAHASAN xxxi 2.16 PEMBAHASAN xxxii 2.17 PEMBAHASAN xxxiii 2.18 PEMBAHASAN xxxiv 2.19 PEMBAHASAN xxxv 2.20 PEMBAHASAN xxxvi 2.21 PEMBAHASAN xxxvii 2.22 PEMBAHASAN xxxviii 2.23 PEMBAHASAN xxxix 2.24 PEMBAHASAN xl 2.25 PEMBAHASAN xli 2.26 PEMBAHASAN xlii 2.27 PEMBAHASAN xliiii 2.28 PEMBAHASAN xliv 2.29 PEMBAHASAN xlv 2.30 PEMBAHASAN xlvi 2.31 PEMBAHASAN xlvii 2.32 PEMBAHASAN xlviii 2.33 PEMBAHASAN xlix 2.34 PEMBAHASAN l 2.35 PEMBAHASAN li 2.36 PEMBAHASAN lii 2.37 PEMBAHASAN liiii 2.38 PEMBAHASAN liv 2.39 PEMBAHASAN lv 2.40 PEMBAHASAN lvi 2.41 PEMBAHASAN lvii 2.42 PEMBAHASAN lviii 2.43 PEMBAHASAN lix 2.44 PEMBAHASAN lx 2.45 PEMBAHASAN lxi 2.46 PEMBAHASAN lxii 2.47 PEMBAHASAN lxiii 2.48 PEMBAHASAN lxiv 2.49 PEMBAHASAN lxv 2.50 PEMBAHASAN lxvi 2.51 PEMBAHASAN lxvii 2.52 PEMBAHASAN lxviii 2.53 PEMBAHASAN lxix 2.54 PEMBAHASAN lxx 2.55 PEMBAHASAN lxxi 2.56 PEMBAHASAN lxxii 2.57 PEMBAHASAN lxxiii 2.58 PEMBAHASAN lxxiv 2.59 PEMBAHASAN lxxv 2.60 PEMBAHASAN lxxvi 2.61 PEMBAHASAN lxxvii 2.62 PEMBAHASAN lxxviii 2.63 PEMBAHASAN lxxix 2.64 PEMBAHASAN lxxx 2.65 PEMBAHASAN lxxxi 2.66 PEMBAHASAN lxxxii 2.67 PEMBAHASAN lxxxiii 2.68 PEMBAHASAN lxxxiv 2.69 PEMBAHASAN lxxxv 2.70 PEMBAHASAN lxxxvi 2.71 PEMBAHASAN lxxxvii 2.72 PEMBAHASAN lxxxviii 2.73 PEMBAHASAN lxxxix 2.74 PEMBAHASAN lxxxx 2.75 PEMBAHASAN lxxxxi 2.76 PEMBAHASAN lxxxxii 2.77 PEMBAHASAN lxxxxiii 2.78 PEMBAHASAN lxxxxiv 2.79 PEMBAHASAN lxxxxv 2.80 PEMBAHASAN lxxxxvi 2.81 PEMBAHASAN lxxxxvii 2.82 PEMBAHASAN lxxxxviii 2.83 PEMBAHASAN lxxxxix 2.84 PEMBAHASAN lxxxxx 2.85 PEMBAHASAN lxxxxxi 2.86 PEMBAHASAN lxxxxxii 2.87 PEMBAHASAN lxxxxxiii 2.88 PEMBAHASAN lxxxxxiv 2.89 PEMBAHASAN lxxxxv 2.90 PEMBAHASAN lxxxxvi 2.91 PEMBAHASAN lxxxxvii 2.92 PEMBAHASAN lxxxxviii 2.93 PEMBAHASAN lxxxxix 2.94 PEMBAHASAN lxxxxx 2.95 PEMBAHASAN lxxxxxi 2.96 PEMBAHASAN lxxxxxii 2.97 PEMBAHASAN lxxxxxiii 2.98 PEMBAHASAN lxxxxxiv 2.99 PEMBAHASAN lxxxxv 3.00 PEMBAHASAN lxxxxvi</p>

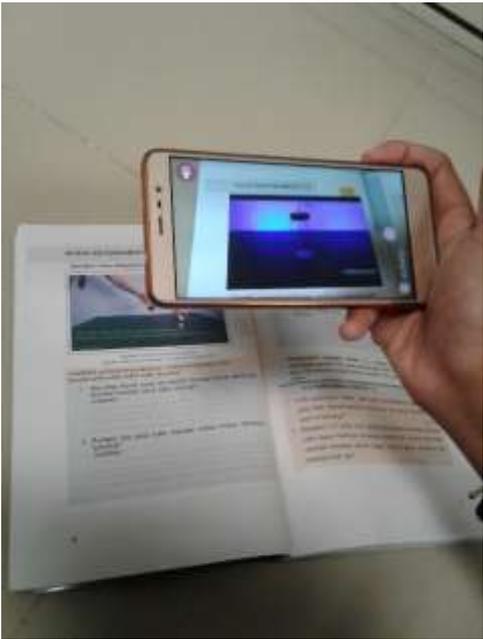
(c) Bagian Teks Buku

Bagian teks buku pelajaran memuat bahan pelajaran yang disampaikan kepada siswa. Bagian teks ini terdiri atas:

- (1) Judul bagian
- (2) Judul bab

Tabel 4.3 Bagian teks buku

No	Komponen	Tampilan
1.	Judul bagian	 <p>The image shows the cover of a textbook chapter. At the top, it says 'BAB I LISTRIK STATIS'. Below the title is a large graphic of a lightning bolt striking a dark landscape. Underneath the graphic, there is a blue box with white text that reads 'Amati video petir di atas dan berikan analisismu!'. At the bottom, there is a small section titled 'KOMPETENSI DASAR' with a list of learning objectives.</p>
2.	Subjudul dan sub sub judul	 <p>The image shows a page from a textbook. At the top, there is a section titled 'Tujuan Pembelajaran' with a list of learning objectives. Below this, there is a section titled 'FENOMENA MUJAR LISTRIK' with a small image of a lightning bolt and text explaining the phenomenon. The text describes how lightning is a discharge of static electricity and mentions that it can be observed during thunderstorms.</p>

No	Fitur	Pembahasan
		<p>Video stimulasi bertujuan untuk menimbulkan kebingungan pada siswa, kemudian dilanjutkan untuk tidak memberi generalisasi, agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri.</p>
2.	<p>Kegiatan pengamatan</p> 	<p>Pada video kegiatan pengamatan terdapat keterangan berupa judul video, editor, dan sumber video. Video kegiatan pengamatan memiliki durasi maksimal 2 menit 25 detik.</p> <p>Tujuan video kegiatan pengamatan adalah untuk mengamati fenomena-fenomena terkait konsep fisika baik eksperimen maupun simulasi Phet.</p>

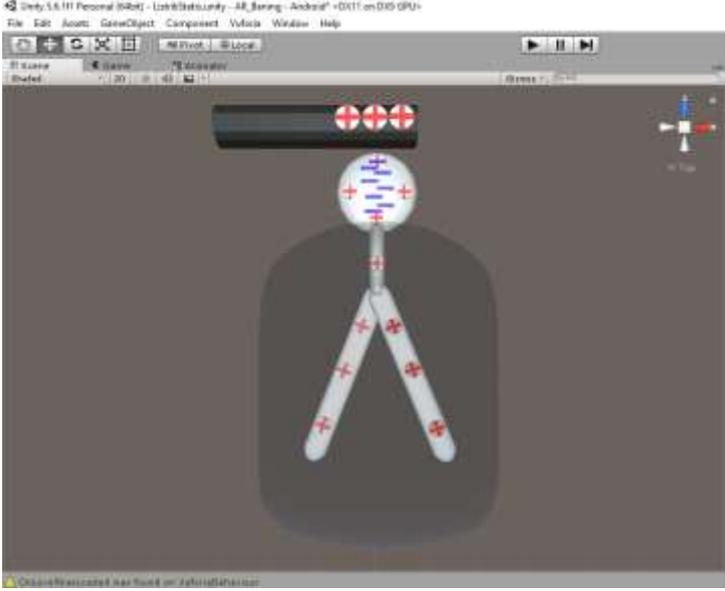
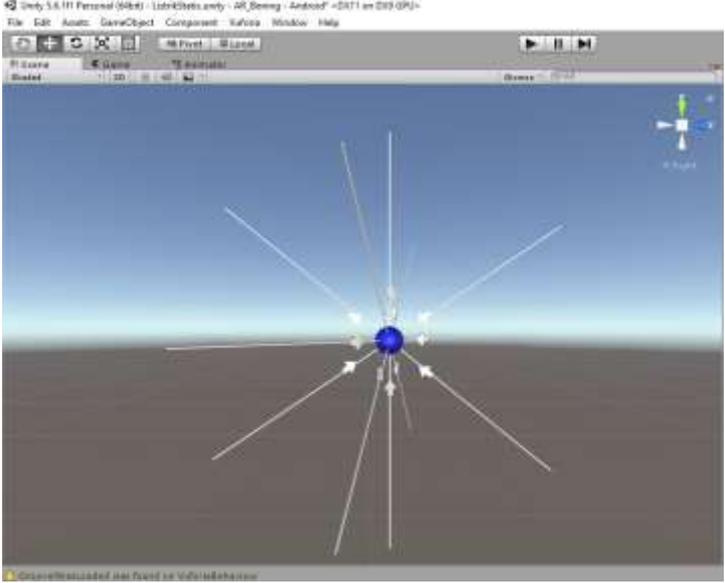
No	Fitur	Pembahasan
3.	Pengamatan animasi 3D 	Pengamatan animasi 3D bertujuan untuk memperjelas konsep maupun proses yang terjadi.

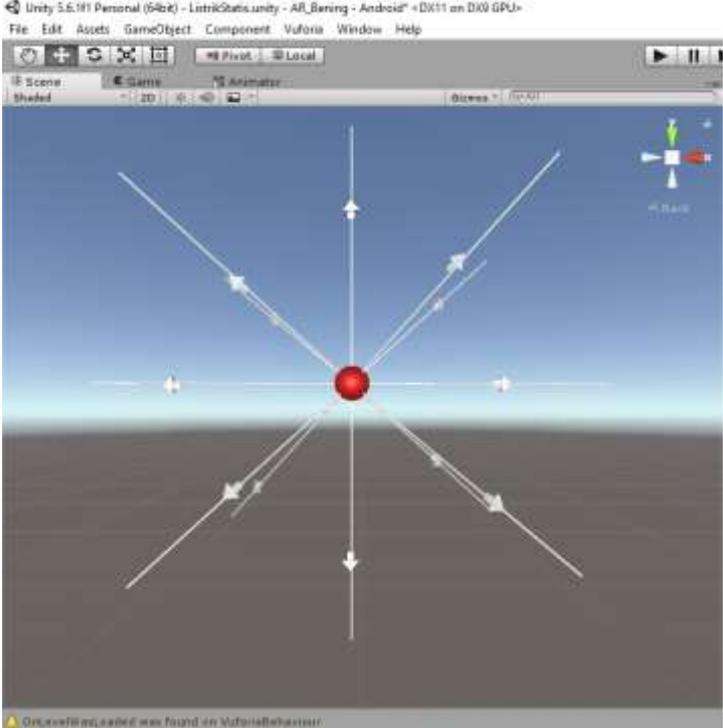
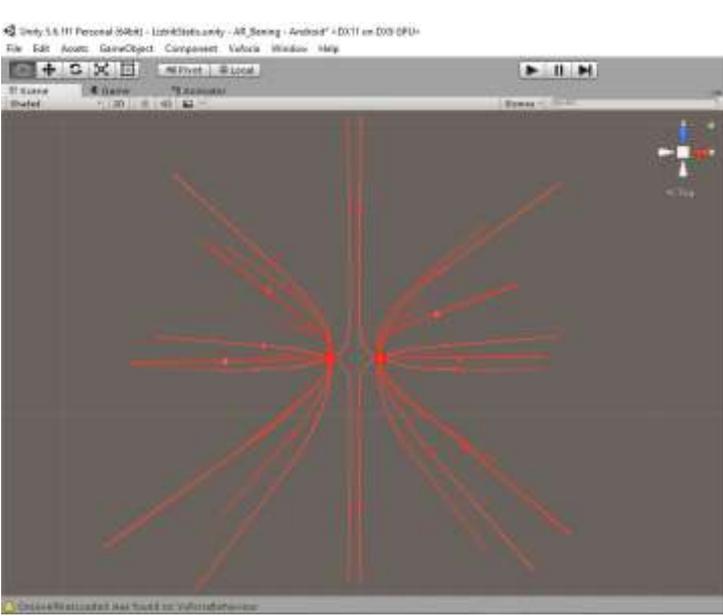
3. Hasil Pengembangan Animasi 3D dan Video Pembelajaran dilengkapi Augmented Reality

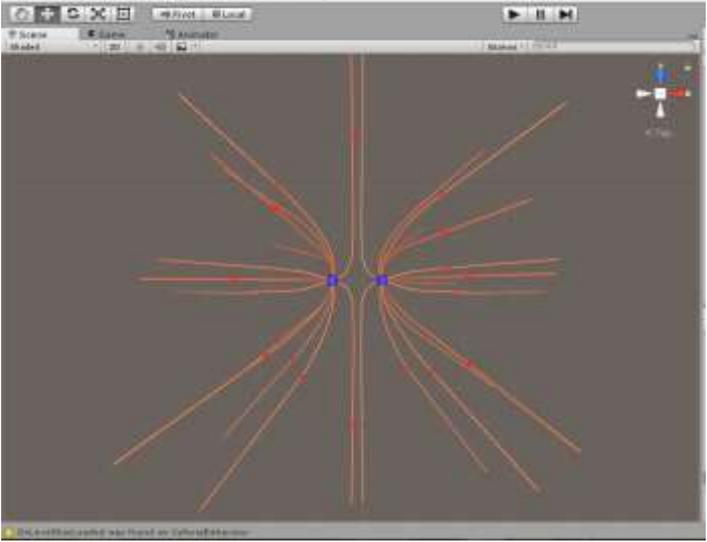
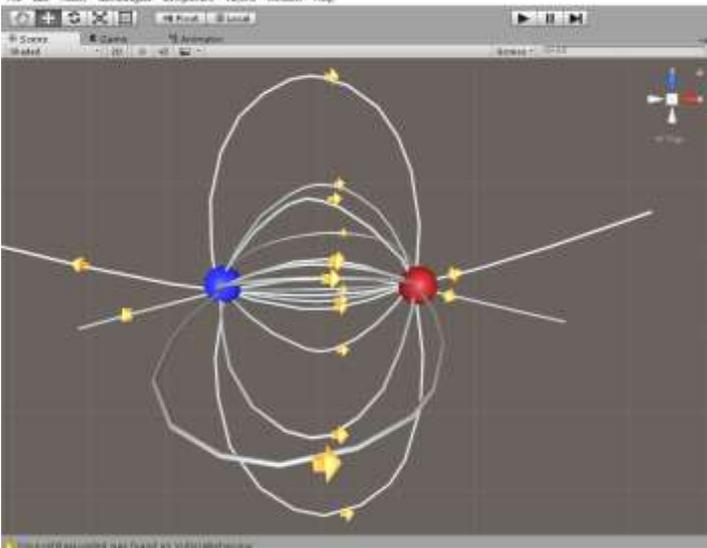
Augmented reality ini dibuat dengan menggunakan software Unity versi 5.6.1f1. Software Unity berguna untuk membantu mengkonversi tampilan menjadi 3 dimensi ketika memindainya dengan menggunakan kamera dan membuatnya dalam format apk sehingga dapat digunakan untuk android. Berikutnya membuat marker yang berfungsi seperti barcode sehingga dapat mengenali objek, menggunakan bantuan situs Vuforia developer.

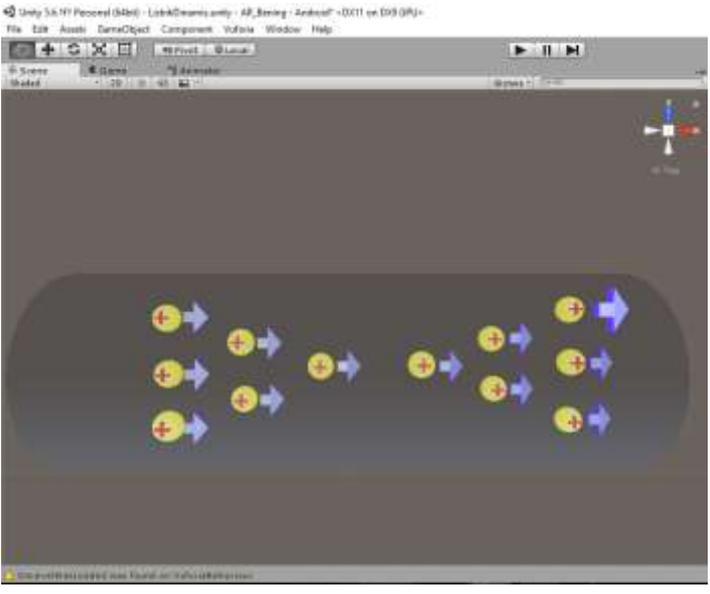
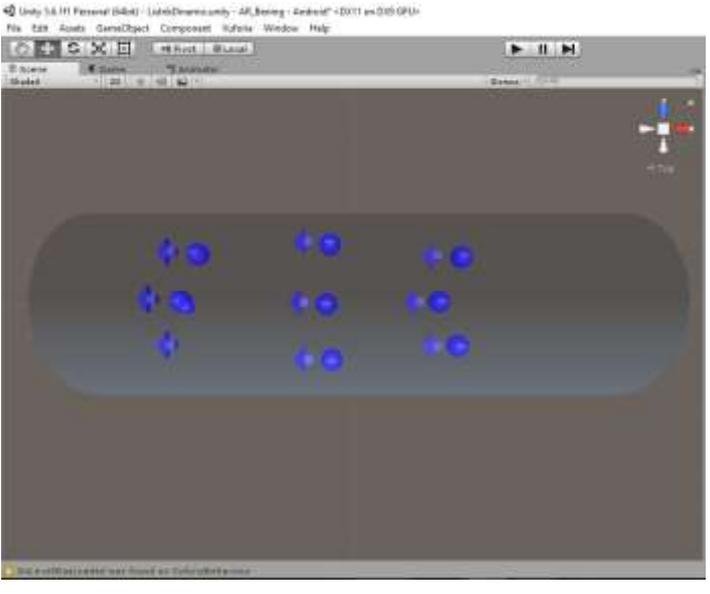
a. Hasil Pembuatan Animasi 3D

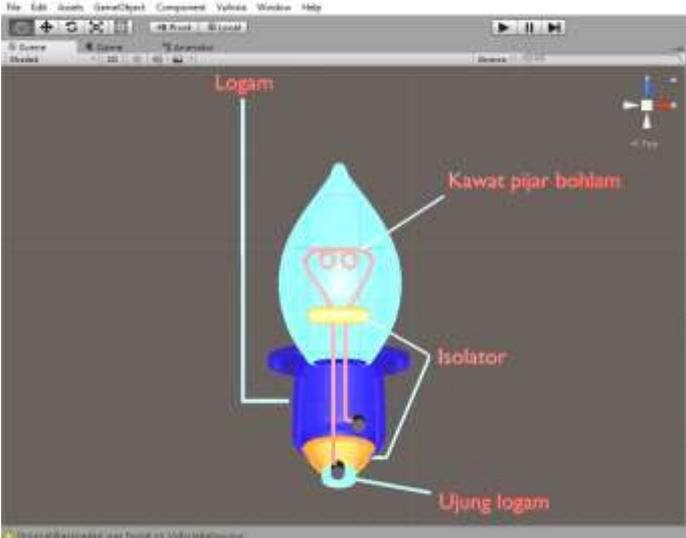
Tabel 4.6 Hasil pembuatan animasi

No.	Listrik Statis	Animasi
1.	Elektroskop	
2.	Medan Muatan Negatif	

No.	Listrik Statis	Animasi
3.	Medan Muatan Positif	 <p>The screenshot shows the Unity 5.6.1f1 Personal interface. The scene view displays a red sphere at the center of a 3D coordinate system. White arrows radiate outwards from the sphere in all directions, representing the electric field of a positive point charge. The interface includes a menu bar (File, Edit, Assets, GameObject, Component, Window, Help), a toolbar with navigation and manipulation tools, and a console window at the bottom with a warning message: "UnityEngine.Vector3 was found on UnityEngineBehaviour".</p>
4.	Medan muatan positif-positif	 <p>The screenshot shows the Unity 5.6.1f1 Personal interface. The scene view displays two red spheres positioned horizontally. Red arrows radiate outwards from each sphere, and the arrows between the two spheres point away from each other, illustrating the repulsive electric field between two positive charges. The interface includes a menu bar (File, Edit, Assets, GameObject, Component, Window, Help), a toolbar with navigation and manipulation tools, and a console window at the bottom with a warning message: "UnityEngine.Vector3 was found on UnityEngineBehaviour".</p>

No.	Listrik Statis	Animasi
5.	Medan muatan negatif-negatif	
6.	Medan muatan positif negatif	

No.	Listrik Statis	Animasi
7.	Arus listrik	
8.	Arus elektron	

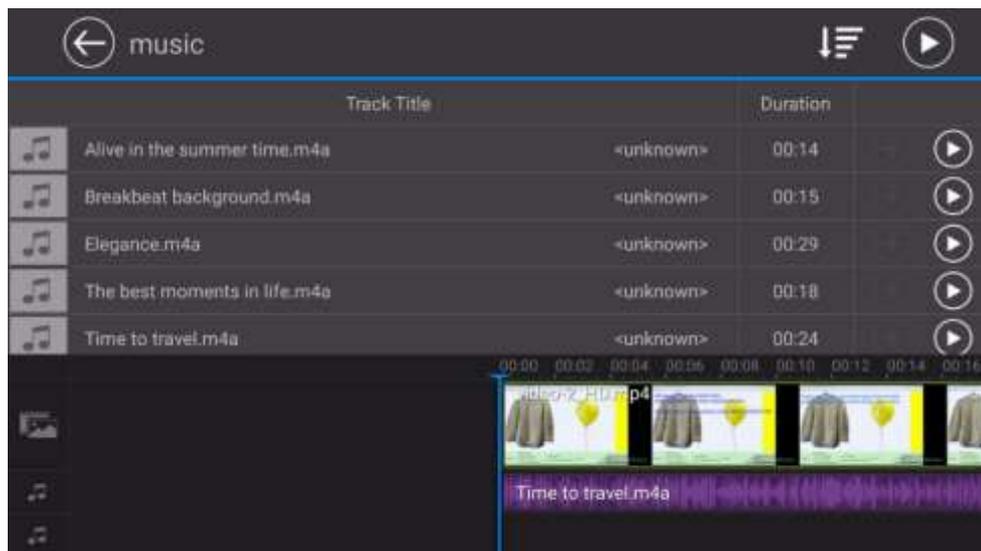
No.	Listrik Statis	Animasi
9.	Bohlam	

b. Hasil Pembuatan Video Pembelajaran

Pembuatan video pembelajaran telah melalui proses editing menggunakan aplikasi Power Director. Proses editing antara lain, pemberian keterangan sumber video, editor, dan instansi pengembang kemudian terdapat teks berjalan yang memandu agar pengguna dapat mengetahui inti dari video pembelajaran tersebut, dan ditambahkan efek suara yang berasal dari fitur aplikasi Power Director.



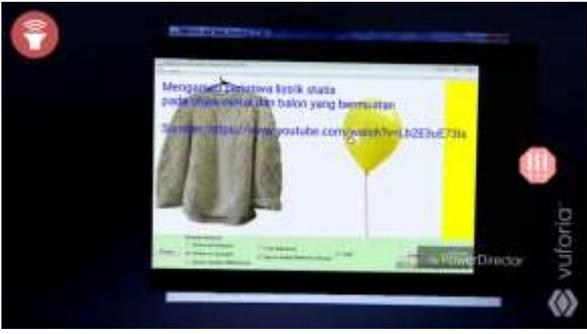
Gambar 4.1Tampilan aplikasi Power Director

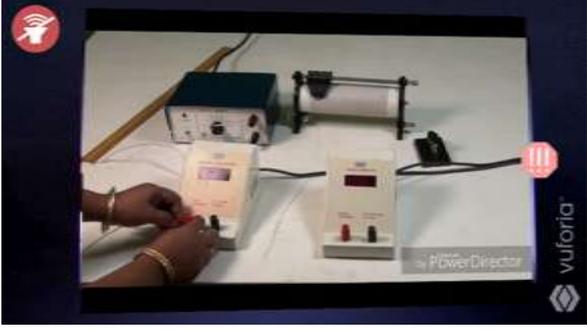


Gambar 4.2 Tampilan editor musik untuk audio ke-2 dengan berbagai pilihan efek suara

Tabel 4. 7 Hasil pembuatan video pembelajaran

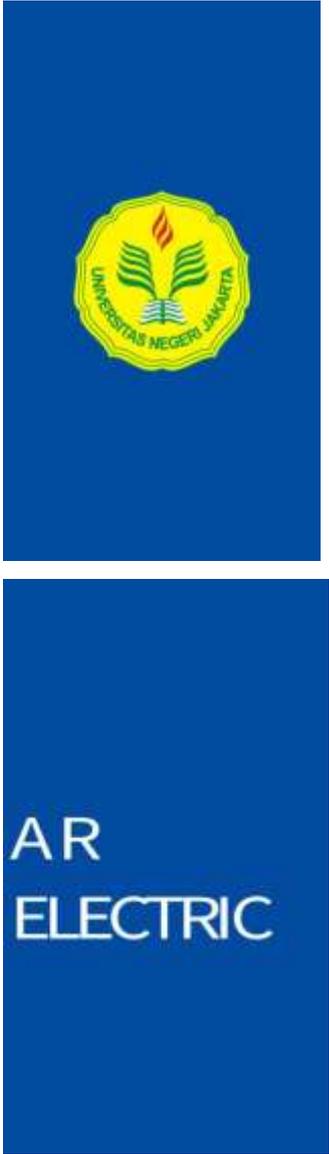
No	Video	Keterangan
1.	Stimulasi listrik statis	 <p>Sumber video: https://www.youtube.com/watch?v=l12wVw9Hns4</p>

No	Video	Keterangan
2.	Eksperimen listrik statis	 <p>Sumber video: https://www.youtube.com/watch?v=ViZNgU-Yt-Y</p>
3.	Simulasi Phet	 <p>Sumber video:</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://www.youtube.com/watch?v=OU-VWe8kErM <p>https://www.youtube.com/watch?v=Lb2E3uE73ls</p>
4.	Pengenalan Kapasitor	 <p>Sumber video: https://www.youtube.com/watch?v=0ZfxXuiuBE0</p>

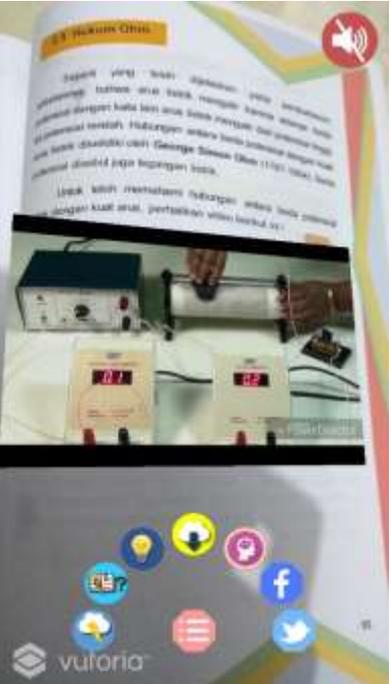
No	Video	Keterangan
5.	Stimulasi penggunaan energi listrik	 <p>Sumber video: https://www.youtube.com/watch?v=8ANBAKdiseA</p>
6.	Eksperimen hukum Ohm	 <p>Sumber video:</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://www.youtube.com/watch?v=OU-VWe8kErM

4. Hasil Pembuatan Tampilan Menu

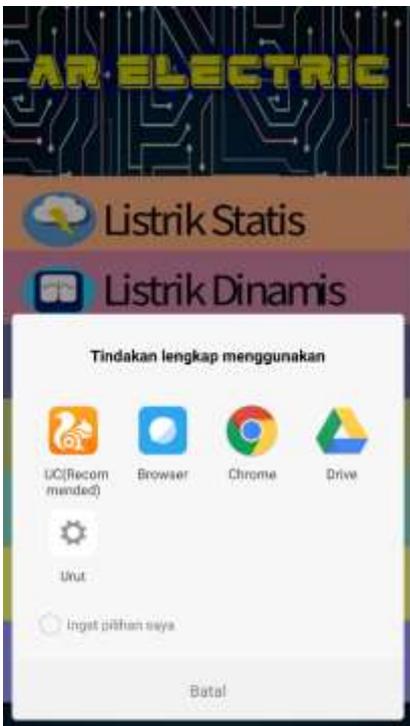
Tabel 4. 8 Hasil pembuatan tampilan menu

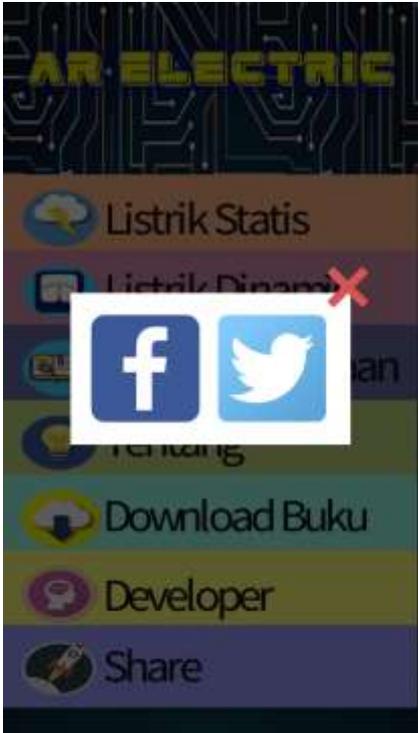
No.	Komponen	Pembahasan
1.	<p>Desain Flash Screen</p> 	<p>Pada tampilan flash screen menggunakan logo Universitas Negeri Jakarta dan dilanjutkan dengan tampilan tulisan AR-ELECTRIC.</p> <p>Tampilan flash screen dilengkapi dengan menggunakan efek suara petir.</p>
2.	<p>Desain tampilan awal</p>	<p>Pada menu tampilan awal terdapat tombol mulai yang berfungsi untuk masuk ke menu utama.</p>

		<p>Pada tampilan awal dilengkapi dengan efek suara elektrik.</p>
<p>3.</p>	<p>Desain menu utama</p> 	<p>Pada menu utama akan muncul tampilan yang berisi 7 tombol yang terdiri dari tombol listrik statis, listrik dinamis, cara penggunaan, tentang, download buku, developer dan share.</p> <p>Pada menu utama dilengkapi dengan efek suara elektrik.</p>
<p>4.</p>	<p>Desain menu listrik statis</p>	<p>Ketika mengklik menu listrik statis pada menu utama, akan muncul kamera yang berfungsi untuk memindai/scan pada marker khusus listrik statis</p>

		<p>bertanda AR yang terdapat pada bab listrik statis.</p> <p>Ketika mengklik menu dengan ikon  maka akan muncul tampilan-tampilan menu lainnya. Untuk menuju ke menu listrik dinamis bisa dengan mengklik tombol .</p> <p>Terdapat efek suara yang bisa di aktifkan atau non aktifkan.</p>
<p>5.</p>	<p>Desain menu listrik dinamis</p> 	<p>Ketika mengklik menu listrik dinamis pada menu utama, akan muncul kamera yang berfungsi untuk memindai/scan pada marker khusus listrik statis bertanda AR yang terdapat pada bab listrik statis.</p> <p>Ketika mengklik menu dengan ikon  maka akan muncul tampilan-tampilan menu lainnya. Untuk menuju ke menu</p>

		<p>listrik statis bisa dengan</p>  <p>mengklik tombol .</p> <p>Terdapat efek suara yang bisa di aktifkan atau non aktifkan.</p>
4.	<p>Desain menu cara penggunaan</p> 	<p>Desain menu cara penggunaan menampilkan alur cara penggunaan Buku AR-Electric.</p>
5.	<p>Desain menu tentang</p>	<p>Desain menu tentang menampilkan informasi buku pelajaran dilengkapi dengan Augmented Reality pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis.</p>

		
6.	<p>Desain menu download buku</p> 	<p>Menu download buku, menampilkan link url yang ditujukan agar pengguna dapat mengunduh buku yang dibutuhkan.</p>
7.	<p>Desain menu developer</p>	<p>Menu developer menampilkan informasi mengenai tim</p>

		<p>pengembang buku yang dilengkapi dengan Augmented Reality.</p>
<p>8.</p>	<p>Desain menu share</p> 	<p>Menu share bertujuan untuk membagikan informasi mengenai aplikasi AR-Electric pada orang lain dengan bantuan sosial media facebook dan twitter.</p>

5. Hasil Pembuatan Ikon Aplikasi dan Tampilan Menu

Pembuatan ikon aplikasi dan tampilan menu menggunakan software Adobe Fireworks CS 6 dan Microsoft Power Point. Format file yang digunakan yaitu dalam bentuk PNG. Ukuran ikon yang digunakan yaitu 90 x 90.

Tabel 4.9 Hasil pembuatan ikon aplikasi dan tampilan menu

No.	Nama Ikon	Tampilan Ikon
1.	Listrik statis	
2.	Listrik dinamis	
3.	Cara penggunaan	
4.	Tentang	
5.	Download buku	

No.	Nama Ikon	Tampilan Ikon
6.	Developer	
7.	Share	

6. Hasil Aplikasi menggunakan Augmented Reality

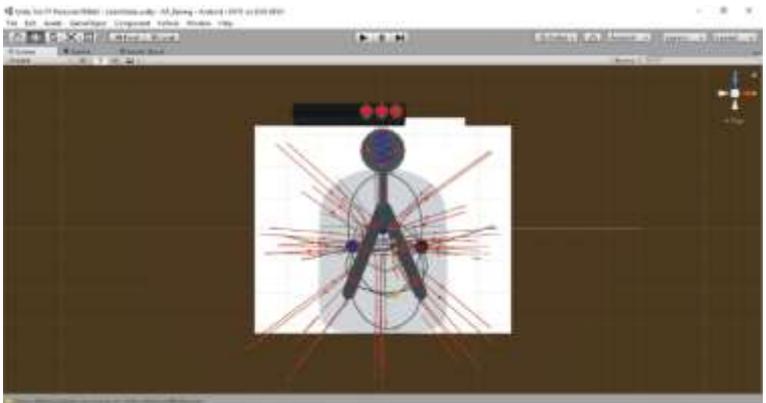
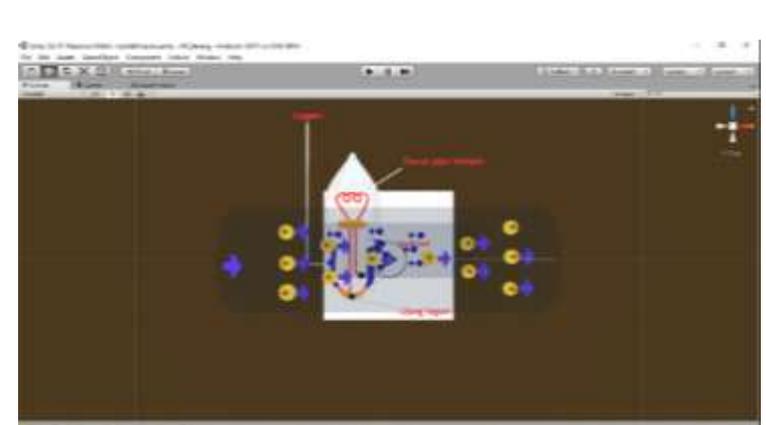
Pembuatan aplikasi Augmented Reality menggunakan software Unity 3D versi 5.6.1f1 64 bit dengan vuforia package. Terdapat 2 package pada vuforia developer yang digunakan untuk pembuatan aplikasi yaitu package marker dan package video playback.

Pada aplikasi terdapat 8 scenes yang terdiri atas splash screen, tampilan utama, menu utama, listrik statis, listrik dinamis, cara penggunaan, tentang, dan developer. Hasil dari pembuatan aplikasi Augmented Reality dengan menggunakan Unity3D versi 5.6. 1f1 64 bit dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.10 Hasil aplikasi menggunakan *augmented reality*

No.	Komponen	Tampilan
1.	Tampilan Flash	

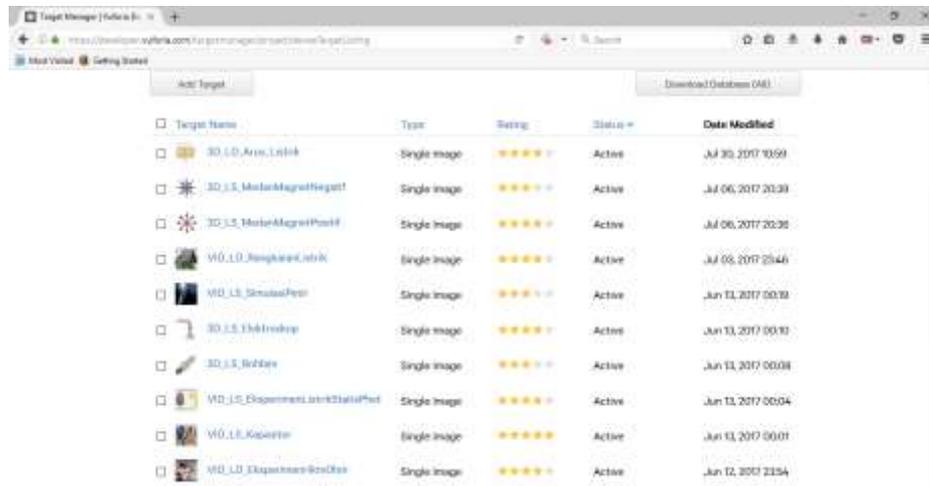
No.	Komponen	Tampilan
		 <p>A screenshot of the AR ELECTRIC application's title screen. The background is a blurred sunset or sunrise scene. The text "AR ELECTRIC" is displayed in white, centered on the left side. A white rectangular box is positioned to the right of the text, indicating the area for AR tracking.</p>
2.	Tampilan menu utama	 <p>A screenshot of the AR ELECTRIC application's main menu. The background is the same blurred sunset scene. A dark blue vertical panel is centered, featuring the text "AR ELECTRIC" at the top in yellow. Below it is a pink speech bubble containing Indonesian text: "Tahap awal ini akan membantu anda untuk memahami cara menggunakan aplikasi ini." To the right of the speech bubble is a white cartoon rabbit character. At the bottom of the panel is a grey button labeled "Mulai".</p>
3.	Menu utama	 <p>A screenshot of the AR ELECTRIC application's main menu, showing a list of options. The background is the blurred sunset scene. A dark blue vertical panel is centered, featuring the text "AR ELECTRIC" at the top in yellow. Below it is a list of menu items, each with a small icon and text: "Listrik Statis" (orange), "Listrik Dinamis" (purple), "Cara Penggunaan" (blue), "Tentang" (green), "Download Buku" (cyan), "Developer" (yellow), and "Share" (dark blue).</p>

No.	Komponen	Tampilan
4.	Listrik Statis	
5.	Listrik Dinamis	
6.	Cara penggunaan	

No.	Komponen	Tampilan
7.	Tentang	
8.	Developer	

7. Hasil Pembuatan Marker

Marker video dan animasi 3D dibuat dengan mencari sumber gambar pada Google penelusuran gambar, selanjutnya proses edit



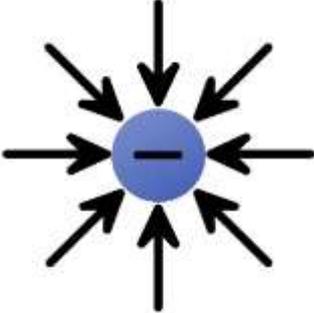
The screenshot shows the Vuforia Developer website interface. At the top, there are buttons for 'Add Target' and 'Download Database (AR)'. Below these is a table listing various markers. Each row includes a checkbox, a target name with a small image icon, a type (all are 'Single Image'), a rating (represented by five stars), a status (all are 'Active'), and a date modified.

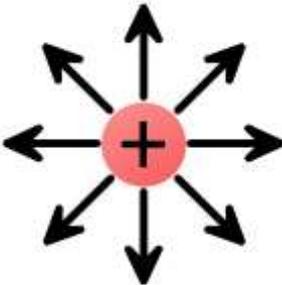
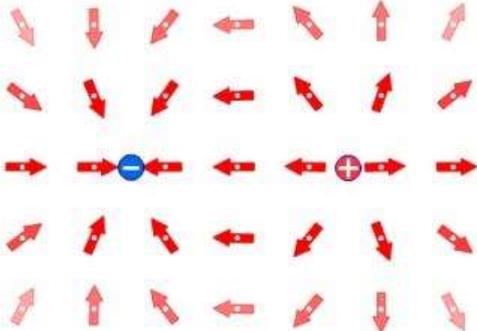
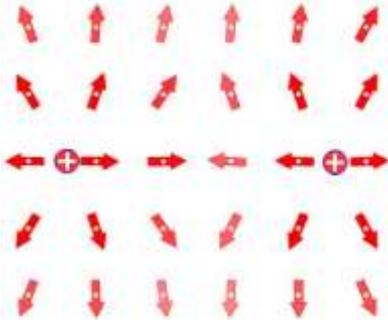
Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/> 3D_LD_Arco_Ledak	Single Image	★★★★★	Active	Jul 30, 2017 03:59
<input type="checkbox"/> 3D_US_MarkerMagnumNegatif	Single Image	★★★★★	Active	Jul 06, 2017 20:38
<input type="checkbox"/> 3D_US_MarkerMagnumPositif	Single Image	★★★★★	Active	Jul 06, 2017 20:38
<input type="checkbox"/> V0_LD_BangkaLadaLirik	Single Image	★★★★★	Active	Jul 05, 2017 20:46
<input type="checkbox"/> V0_US_SemuaPeta	Single Image	★★★★★	Active	Jun 11, 2017 00:10
<input type="checkbox"/> 3D_US_Ekspansi	Single Image	★★★★★	Active	Jun 11, 2017 00:10
<input type="checkbox"/> 3D_US_Bukit	Single Image	★★★★★	Active	Jun 11, 2017 00:08
<input type="checkbox"/> V0_US_EkspansiJarakJarakPeta	Single Image	★★★★★	Active	Jun 11, 2017 00:04
<input type="checkbox"/> V0_US_Kapiten	Single Image	★★★★★	Active	Jun 11, 2017 00:01
<input type="checkbox"/> V0_LD_EkspansiKecamatan	Single Image	★★★★★	Active	Jun 12, 2017 21:54

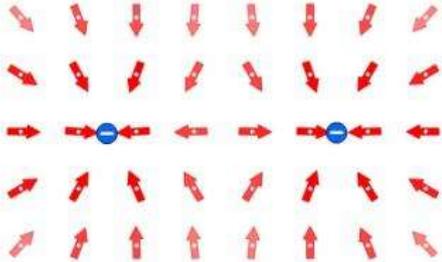
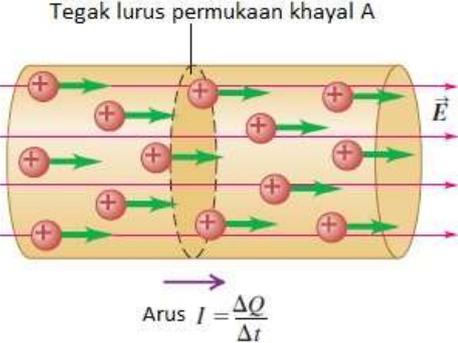
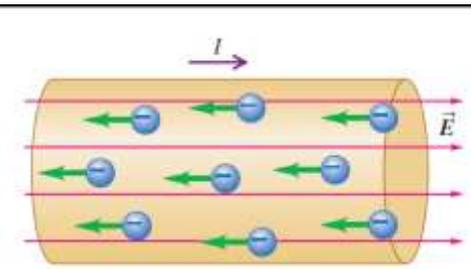
Gambar 4.3 Tampilan situs *vuforia developer*

menggunakan Software Paint. Marker ini berfungsi sebagai pembaca untuk mengenali animasi 3D dan video yang nantinya akan ditampilkan dalam bentuk 3D saat dipindai menggunakan kamera. Setelah marker dibuat, selanjutnya yaitu menunggah marker pada situs vuforia developer untuk mendapatkan package yang sesuai dengan format dalam Unity 3D untuk tahap pembuatan Augmented Reality selanjutnya. Pada tahap pengunggahan marker, harus memperhatikan perolehan hasil rating yang dicapai oleh gambar marker yang telah diunggah. Rating ini menunjukkan kualitas gambar marker saat dibaca oleh kamera untuk memunculkan video atau animasi 3D.

Tabel 4.11 Marker pada Vuforia Developer

No.	Judul	Marker Animasi 3D
1.	Elektroskop	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber gambar: https://goo.gl/images/GF6FXC • Rating: 4 bintang
2.	Medan muatan positif	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-electricity/electric-fields • Rating: 3 bintang

3.	Medan muatan negatif	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-electricity/electric-fields • Rating: 4 bintang
4.	Medan muatan positif-negatif	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: Phet stimulation • Rating: 4 bintang
5.	Medan muatan positif-positif	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: Phet stimulation • Rating: 4 bintang

6.	Medan muatan negated-negatif	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: Phet stimulation • Rating: 4 bintang
7.	Arus listrik	<p>Tegak lurus permukaan khayal A</p>  <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: Sears, Zemansky's, Hugh D. Young, 2012, p.619) • Rating: 4 bintang
8.	Arus elektron	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: (Sears, Zemansky's, Hugh D. Young, 2012, p.619) • Rating: 4 bintang

9.	Bohlam	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber: https://www.amazon.com/General-50012-E12-120-50X-Single-Halogen/dp/B000TZUK6U • Rating: 3 bintang
----	--------	--

Tabel 4.12 Marker video

No.	Judul	Marker Video
1.	Video stimulasi listrik statis	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber gambar: NOAA Photo Library, NOAA Central Library; OAR/ERL/National Severe Storms Laboratory (NSSL) • Rating: 3 bintang

2.	Video ekperimen listrik statis	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber gambar: https://www.youtube.com/watch?v=ViZNgU-Yt-Y • Rating: 4 bintang
3.	Video simulasi Phet	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber gambar: Phet Stimulation • Rating: 4 bintang

4.	Video pengenalan kapasitor	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sumber gambar: https://www.youtube.com/watch?v=0ZfxxUiuBE0• Rating: 5 bintang
5.	Video stimulasi penggunaan energi listrik	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sumber gambar: http://energjis.com.au/is-my-house-suitable-for-solar-panels/• Rating: 4 bintang

6.	Video eksperimen hukum Ohm	 <p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber gambar dan video: https://www.youtube.com/watch?v=OU-VWe8kErM • Rating: 4 bintang
----	----------------------------	---

Setelah semua marker diunggah dan memiliki rating yang dinyatakan baik, tahap selanjutnya adalah mengunduh database marker yang telah dibuat dengan platform Unity Editor. Selanjutnya database akan berbentuk file dengan format *unitypackage* untuk digunakan pada tahap pengembangan Augmented Reality berikutnya.

B. Deskripsi Data Hasil Evaluasi Formatif

Deskripsi hasil penelitian digunakan sebagai acuan untuk menganalisis tingkat kelayakan dan kualitas buku fisika dilengkapi *augmented reality* yang dikembangkan. Telah diperoleh data hasil uji validasi oleh ahli media, ahli materi, guru SMA, uji coba terbatas, dan uji keterbacaan.

1. Deskripsi Hasil Uji Kelayakan Media

Uji validasi oleh ahli media dilakukan di Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta. Validator uji kelayakan media oleh bapak Drs. A. Handjoko Permana, M.Si selaku dosen Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta. Validasi ahli media bertujuan untuk mengetahui kelayakan dan kualitas media buku pelajaran dan augmented reality yang telah

dikembangkan dari aspek media. Berikut adalah data hasil uji validasi oleh ahli media:

Tabel 4.13 Hasil uji kelayakan media

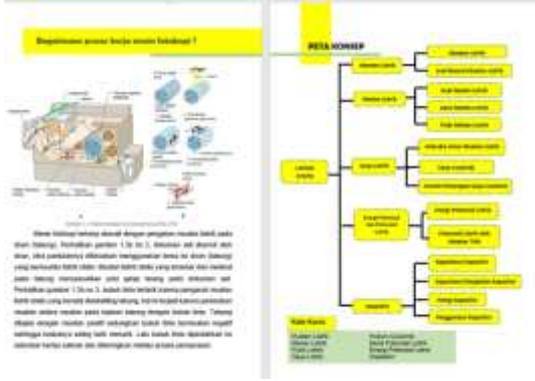
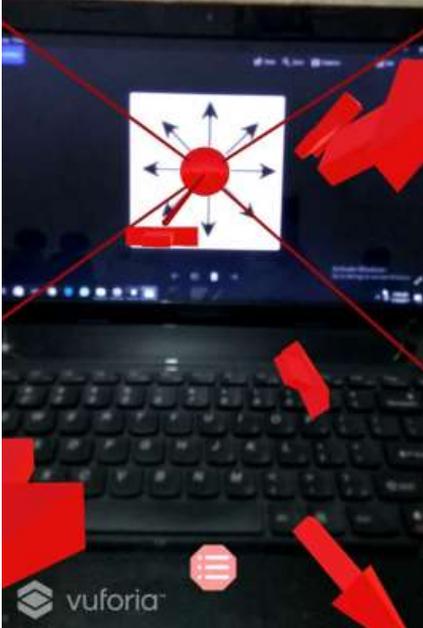
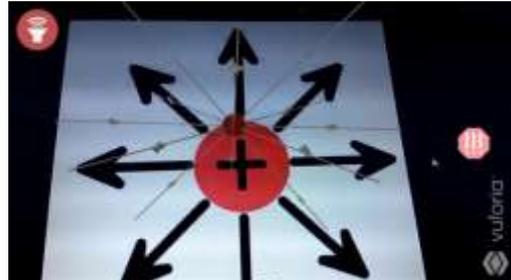
No.	Aspek yang diukur	Presentasi pencapaian
1.	Ukuran buku	90%
2.	Tata letak kover buku	84%
3.	Tipografi kover buku	82,50%
4.	Tata letak isi buku	97,77%
5.	Ilustrasi isi buku	88%
6.	Interface AR	100%
7.	Isi AR	100%
Rata-rata seluruh aspek		91,75%

Berdasarkan hasil uji validasi pada aspek ukuran buku, tata letak kover, tipografi kover, tata letak isi buku, ilustrasi isi buku, interface AR dan isi AR mendapatkan rata-rata hasil capaian sebesar 91,75%.

Berdasarkan interpretasi kelayakan media, nilai yang dicapai 91,75% melebihi 60% maka, buku fisika dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis dikatakan sangat layak untuk dijadikan buku penunjang kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan tahap uji validasi yang dilakukan ahli media terdapat beberapa saran dan masukan antara lain, penggunaan bahasa harus lebih mudah dimengerti, urutan materi dan penunjang buku diurut secara sistematis, dan beberapa aplikasi masih belum sesuai dengan rasio dan ukuran yang layak untuk dilihat, hal ini sudah diperbaiki dengan mengubah skala dan rasio pada *software unity 3D*.

Tabel 4.14 Tabel perbaikan yang direvisi oleh peneliti

Tata Letak buku Berdasarkan Urutan yang Sistematis	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
	
Animasi 3D Medan Muatan Positif dan Muatan Negatif	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
	

Tampilan Menu Cara Penggunaan	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
	

2. Deskripsi Hasil Uji Kelayakan Materi

Telah dilakukan uji validasi oleh ahli materi di Jurusan Fisika, FMIPA, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA. Validator uji kelayakan materi yaitu bapak Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku dosen jurusan fisika FMIPA UNJ. Validator uji kelayakan materi bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kelayakan buku yang telah dikembangkan dari aspek kesesuaian materi, kekonsistenan materi, dan bahasa penulisan. Berikut adalah tabel hasil uji kelayakan materi;

Tabel 4.15 Hasil uji kelayakan materi

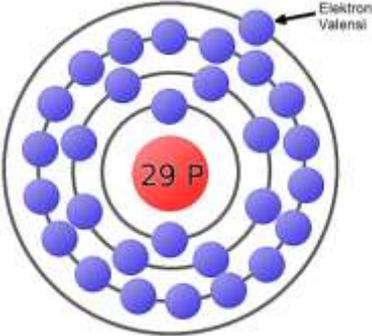
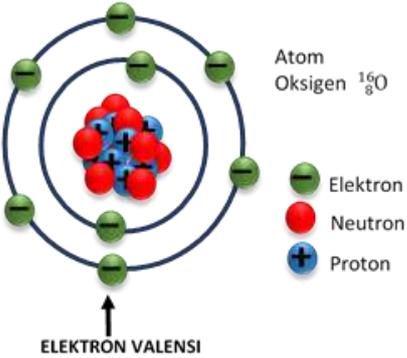
No.	Aspek yang diukur	Presentasi pencapaian
1.	Kesesuaian materi	81,33%
2.	Kekonsistenan materi	80%
3.	Bahasa penulisan	80%
Rata-rata seluruh aspek		80,44%

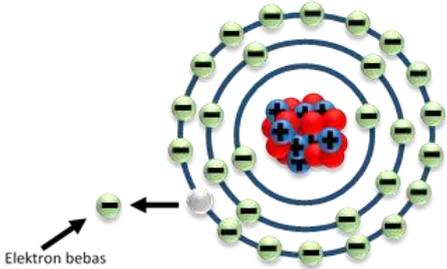
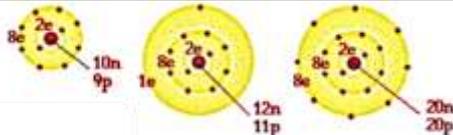
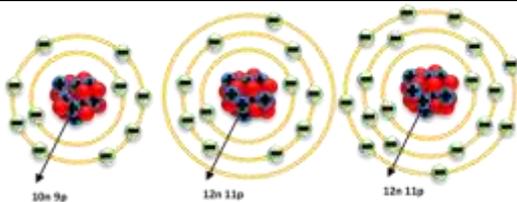
Berdasarkan hasil uji validasi pada aspek kesesuaian materi, kekonsistenan materi, dan bahasa penulisan materi mendapatkan rata-rata hasil capaian sebesar 80,44%.

Berdasarkan interpretasi kelayakan media, nilai yang dicapai 80,44% melebihi 60% menunjukkan bahwa buku fisika dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis dinilai layak untuk dijadikan buku penunjang kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan tahap uji validasi yang dilakukan validator uji kelayakan materi terdapat beberapa saran dan masukan antara lain ilustrasi elektron valensi harus sesuai dengan unsur yang sebenarnya hal ini sudah diperbaiki dengan membuat ilustrasi baru. Selain itu penulisan dalam menggunakan sistematika ilmiah seperti lambang vektor, jenis tulisan untuk persamaan fisika, dan lainnya harus konsisten.

Tabel 4. 16 Revisi uji kelayakan materi fisika

Ilustrasi muatan ion	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
	

Ilustrasi elektron bebas	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Belum ditambahkan ilustrasi	
Ilustrasi ion	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Belum ditambahkan ilustrasi ion	
Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
	
Penulisan Lambang Ilmiah	
Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan
<p>Hukum Gauss untuk muatan titik</p> $EA = \frac{q}{\epsilon_0}$ <p>Fluk listrik</p> $\phi_E = \sum (E \cos \phi) \Delta A = \frac{q}{\epsilon_0}$ <p>Satuan internasional fluks adalah N.m²/C</p> <p>Keterangan:</p> <p>ϕ_E = Fluks Listrik N.m²/C E = Medan Listrik (N/C) A = Luas permukaan area A pada bola khayal (m²) q = Muatan listrik (Coulomb) ϵ_0 = Permisivitas Ruang Bebas</p>	$\vec{E} A = \frac{q}{\epsilon_0}$ <p>Fluk listrik</p> $\phi_E = \sum (\vec{E} \cos \phi) \Delta A = \frac{q}{\epsilon_0}$ <p>Keterangan:</p> <p>ϕ_E = Fluks Listrik N.m²/C \vec{E} = Medan Listrik (N/C) A = Luas permukaan area A (m²) q = Muatan listrik (Coulomb) ϵ_0 = Permisivitas Ruang Bebas</p>

3. Deskripsi Hasil Uji Coba oleh Guru

Telah dilakukan uji validasi oleh guru di SMAN 105 Jakarta. Validator uji coba lapangan oleh guru yaitu Ibu Luhur Setiawati dan Bapak M.Sholeh Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kelayakan buku yang telah dikembangkan dari segi isi materi, penulisan bahasa dan aplikasi AR.

Berikut adalah tabel hasil uji coba kelayakan oleh guru:

Tabel 4.17 Tabel hasil uji coba kelayakan oleh guru

No.	Aspek yang diukur	Presentasi pencapaian
1.	Kesesuaian materi	91,11%
2.	Kekonsistenan materi	97,50%
3.	Penulisan bahasa materi	96,67%
4.	Aplikasi <i>Augmented Reality</i>	95,56%
Rata-rata seluruh aspek		95,21%

Berdasarkan rata-rata hasil uji coba oleh guru pada aspek kesesuaian materi, kekonsistenan materi, bahasa penulisan materi dan aplikasi AR diperoleh capaian 92,21%.

Berdasarkan interpretasi kelayakan media, nilai yang dicapai 95,21% melebihi kriteria minimal kelayakan yaitu 60%, hal ini menunjukkan bahwa buku fisika dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis sangat layak untuk dijadikan buku penunjang kegiatan pembelajaran.

Saran yang diberikan oleh guru adalah perlu lebih inovatif lagi dalam tampilan videonya dan disempurnakan kembali.

4. Deskripsi Hasil Uji Coba Keterbacaan

Telah dilakukan uji coba keterbacaan tanpa kuisisioner di SMAN 105 Jakarta pada 5 siswa kelas XII MIPA C, dengan cara melakukan pendampingan dalam menggunakan buku dan wawancara untuk menggali informasi menurut siswa setelah menggunakan buku yang dilengkapi *augmented reality*. Berdasarkan hasil wawancara, menurut siswa ukuran dan jenis huruf sudah sesuai dan mudah untuk dibaca, tata letak buku telah sesuai, bahasa pemaparan sudah dapat dimengerti, panjang kalimat buku perlu diperbaiki lagi agar lebih ringkas, siswa telah memahami pemaparan konsep melalui animasi 3D dan video pembelajaran.

5. Deskripsi Hasil Uji Coba Grup Kecil (*Small Group Test*)

Telah dilakukan uji coba grup kecil pada 10 siswa kelas XII SMAN 105 Jakarta. Pemilihan kelas dipilih berdasarkan jadwal mata pelajaran fisika kelas XII MIPA pada hari selasa yaitu kelas XII MIPA C. Pemilihan 10 siswa dipilih secara acak dengan syarat memiliki *smartphone android* dan kuota internet.

Teknis pelaksanaan diawali dengan siswa mengerjakan pretes, kemudian siswa melakukan uji coba diluar jam pelajaran. Uji coba seperti penggunaan buku dan aplikasi AR dilakukan dirumah selama 1 hari. Siswa mempelajari dan memahami penggunaan aplikasi AR. Selanjutnya, hari ke-3 siswa melaksanakan postes dan mengisi kuisisioner.

Berikut ini hasil uji coba terbatas oleh 10 siswa XII MIPA C:

Tabel 4.18 Hasil uji coba grup kecil oleh 10 siswa XII MIPA C

No.	Aspek yang diukur	Presentasi pencapaian
1.	Tampilan buku	84,16%
2.	Paparan buku	80%
3.	Aplikasi AR	83,30%
Rata-rata seluruh aspek		82,48%

Berdasarkan presentasi pencapaian hasil uji coba grup kecil, dapat disimpulkan bahwa aspek tampilan buku, paparan buku, dan aplikasi AR rata-rata presentase pencapaiannya 82,48%. Berdasarkan interpretasi kelayakan media, nilai yang dicapai 82,48% melebihi batas minimal kriteria kelayakan yaitu 60%. Presentasi pencapaian sebesar 82,48% menunjukkan bahwa buku fisika dilengkapi *augmented reality* dinilai sangat layak untuk dijadikan buku penunjang kegiatan pembelajaran.

6. Deskripsi Hasil Pre-test dan Post-test

Telah dilakukan pre-test dan post test untuk mengetahui perbedaan nilai siswa sebelum dan sesudah menggunakan buku fisika yang dilengkapi *augmented reality*. Pretes dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan awal siswa sebelum melakukan uji coba terhadap buku fisika dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis, sedangkan postes dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan siswa setelah menggunakan buku yang dilengkapi *augmented reality*.

Tabel 4.19 Hasil N-gain

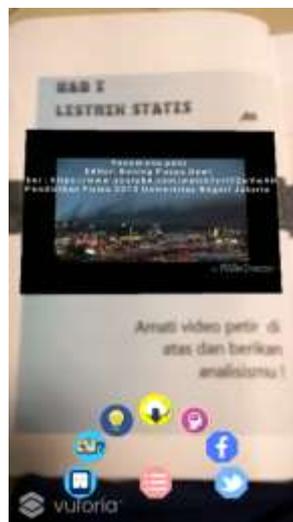
Jumlah siswa	Rata-rata Pretes	Rata-rata Postes	N-gain
10 orang	28	77	0,68

Telah dilakukan uji gain ternormalisasi untuk mengetahui perbedaan nilai siswa sebelum dan sesudah menggunakan buku fisika yang dilengkapi AR. Hasil uji gain ternormalisasi, didapatkan pencapaian sebesar 0.68 yang diinterpretasikan dalam kategori sedang. Berdasarkan hasil uji gain bernilai 0,68 maka dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan buku fisika dilengkapi *augmented reality* pokok bahasan listrik statis.

7. Deskripsi Hasil Publikasi Media

Pengembangan buku fisika dilengkapi AR selanjutnya melakukan proses publikasi pada Google Play dengan menggunakan akun Lab Digital Fisika UNJ. Publikasi dilakukan dengan cara mengunggah APK menggunakan Konsol pengembangan Google Play. Kriteria untuk mengunggah APK ke Google Play yaitu:

- a. Nama file aplikasi bersifat unik dan permanen
- b. Ukuran file APK yang dapat diunggah maksimum 100 MB berdasarkan versi Android yang didukung APK.
- c. Membuat kebijakan privasi
- d. Memberi detil produk seperti deskripsi singkat, dan deskripsi lengkap
- e. Screenshoot atau tangkapan layar dengan kriteria:
 - 1) JPEG atau PNG 24 Bit
 - 2) Dimensi minimum: 320 px
 - 3) Dimensi maksimum: 3840 px
 - 4) Dimensi maksimum tangkapan layar tidak boleh lebih dari duakali panjang dimensi minimum



Gambar 4.4 Gambar screenhoot aplikasi

- f. Ikon beresolusi tinggi, memiliki kriteria:
 - 1) PNG 32 Bit
 - 2) Dimensi: 512 X 512 px

3) Ukuran file maksimum: 1024 Kb



Gambar 4.5 Ikon Aplikasi

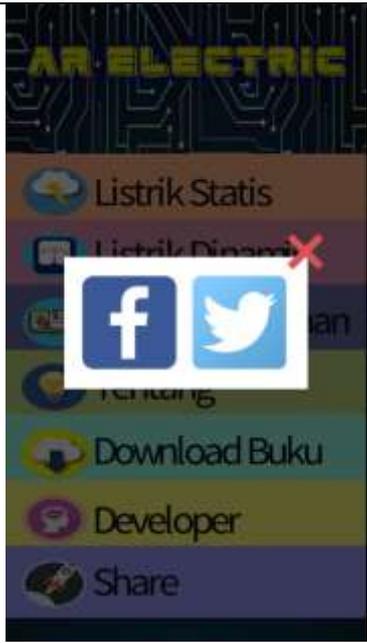
g. Link share aplikasi dan via Sosmed

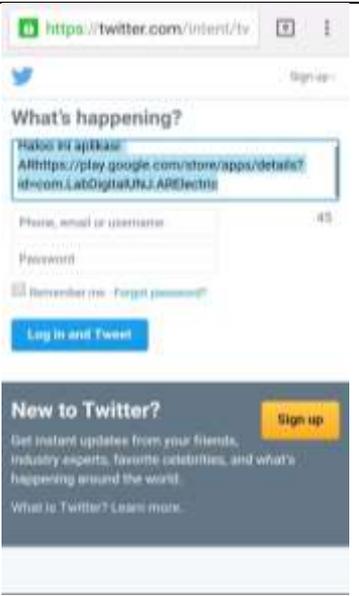
Setelah aplikasi diunggah, jika pengguna ingin membagikan aplikasi AR maka dapat menggunakan link Share pada Google Playstore. Berikut ini link Google Playstore yang dapat diunduh:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.LabDigitalUNJ.AR.Electric>

Jika ingin membagikan pengalaman dalam menggunakan buku, dilengkapi Share aplikasi via sosial media melalui twitter dan facebook.

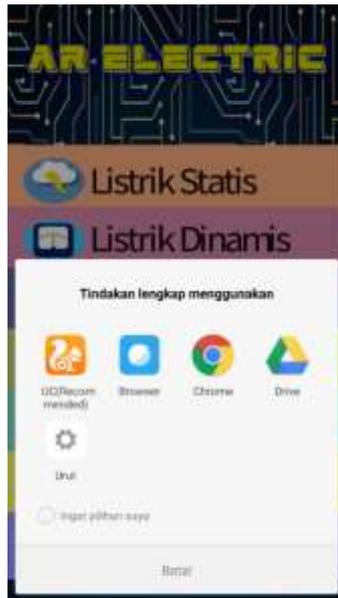
Tabel 4. 20 Tampilan share aplikasi

No.	Nama	Tampilan
1.	Tampilan menu share	

2.	Tampilan menu share facebook	
3.	Tampilan menu share twitter	

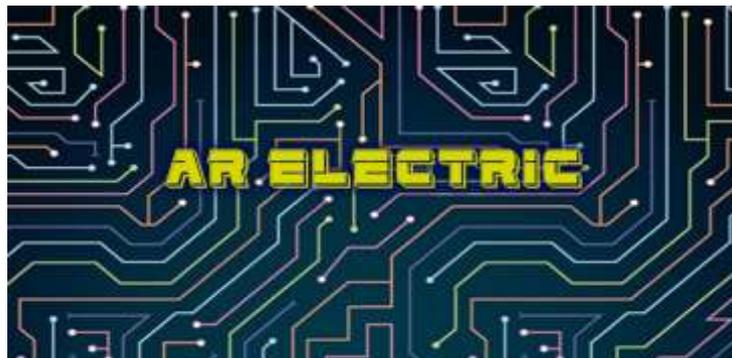
h. Link download buku

Link download buku berguna untuk menghubungkan pengguna dengan file buku hasil pengembangan dilengkapi AR.



Gambar 4.6 Tampilan menu download buku

- i. Gambar fitur. Gambar fitur ini wajib agar asset materi iklan dapat ditampilkam dimana saja dalam Google Play. Kriteria gambar figur yaitu:
- 1) JPEG atau PNG 24 Bit
 - 2) Dimensi: 1024 X 500 px



Gambar 4.7 Hasil banner dimensi 1024 x 500 px

Setelah apk berhasil diunggah, aplikasi dapat digunakan oleh siswa dengan melakukan pencarian pada Google Play dengan kata kunci Lab Digital Fisika UNJ.

C. Pembahasan

Buku fisika dilengkapi dengan *augmented reality* dibuat dengan menggunakan menggunakan *software unity 3D versi 5.6.1f1 64 bit*. Fitur yang terdapat pada buku materi listrik statis yaitu video stimulasi fenomena listrik statis, video eksperimen listrik statis, video simulasi Phet dan animasi 3D elektroskop, medan muatan positif, medan muatan negatif, interaksi antara medan muatan negatif dan positif, interaksi antara medan muatan negatif-negatif dan positif-positif. Sedangkan pada listrik dinamis yaitu video stimulasi penggunaan energi listrik, video eksperimen hukum Ohm, animasi 3D arus listrik, arus elektron dan bohlam. Buku fisika dilengkapi *augmented reality* yang dikembangkan memiliki keunggulan dibandingkan dengan buku lainnya yaitu menggunakan *software unity 3D* terbaru *versi 5.6.1f1*, dapat menampilkan animasi 3D dan memiliki fitur share aplikasi via sosial media.

Hasil uji kelayakan media didapatkan hasil capaian sebesar 90% untuk aspek ukuran buku, 84% untuk aspek tata letak cover buku, 82,50% untuk aspek tipografi kover buku, 97,77% untuk aspek tata letak isi buku, 88% untuk aspek ilustrasi buku, 100% untuk aspek interface AR, dan 100% untuk aspek isi AR. Sehingga menurut ahli media, komponen yang terdapat pada buku yang dilengkapi AR dikategorikan sangat layak. Adapun saran yang diberikan, yaitu tata letak buku harus diurutkan secara sistematis, bahasa penulisan buku harus diperbaiki, perbaiki animasi yang masih belum sempurna, dan pembuatan alur cara penggunaan dibuat lebih sistematis.

Hasil uji kelayakan materi fisika didapatkan 80% untuk aspek kesesuaian materi, 80% untuk aspek kekonsistenan materi, dan 80% untuk bahasa penulisan hasil presentase, rata-rata presentase capaian hasil uji kelayakan sebesar 80,44%. Rata-rata presentase capaian melebihi 60% sehingga menurut ahli materi, komponen yang terdapat pada buku dikategorikan layak. Adapun saran yang diberikan, yaitu ilustrasi elektron valensi harus sesuai dengan unsur yang sebenarnya, penulisan dalam

menggunakan sistematika ilmiah seperti lambang vektor, jenis tulisan untuk persamaan fisika, dan lainnya harus konsisten.

Hasil uji coba penggunaan berdasarkan kebutuhan lapangan oleh guru fisika SMA didapatkan hasil capaian 91,11% untuk aspek kesesuaian materi, 96% untuk aspek kekonsistenan materi, 96,67% untuk aspek penulisan bahasa materi dan 95,56% untuk aspek aplikasi *augmented reality*. Rata-rata presentase capaian hasil uji coba lapangan sebesar 95,21% melebihi rata-rata kriteria minimal interpretasi kelayakan yaitu 60%. Sehingga menurut guru fisika SMA buku fisika dilengkapi *augmented reality* ini sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Adapun saran yang diberikan yaitu untuk lebih dikembangkan lagi, lebih inovatif lagi dalam tampilan videonya dan disempurnakan kembali.

Hasil uji coba grup kecil oleh 10 siswa SMAN 105 Jakarta kelas XII MIPA C didapatkan hasil capaian 84,16% untuk aspek tampilan buku, 80% untuk aspek paparan buku, dan 83,30% untuk aspek aplikasi AR. Rata-rata presentase capaian uji coba grup kecil sebesar 82,48% telah melebihi kriteria minimal kelayakan yaitu 60%. Sehingga menurut para siswa buku fisika dilengkapi *augmented reality* ini dinilai sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Hasil capaian belajar siswa didapatkan melalui pretes dan postes. Berdasarkan uji gain ternormalisasi didapatkan hasil rata-rata nilai pretes siswa adalah 28 dan postes sebesar 77. Sehingga nilai rata-rata gain ternormalisasi adalah 0,68 yang terinterpretasi dalam kategori sedang. Nilai hasil postes didapatkan siswa setelah menggunakan buku dilengkapi *augmented reality* selama 1 hari diluar jam pelajaran sekolah. Sehingga dengan adanya peningkatan ini diperoleh kesimpulan bahwa buku fisika yang dikembangkan sudah layak digunakan untuk meningkatkan pengetahuan siswa.

Buku fisika dilengkapi *augmented reality* pada pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis ini telah melalui tahap publikasi pada Google Playstore dengan nama produk AR-Electric.

BAB V

PENUTUP

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil validasi yang telah dilakukan pada beberapa ahli, didapatkan hasil capaian kelayakan media pada kriteria sangat baik dan dikatakan layak, kelayakan materi pada kriteria sangat baik. Hasil uji lapangan oleh guru memberikan nilai capaian pada kriteria sangat baik dan dikatakan layak. Buku ini telah melalui uji coba grup kecil terhadap 10 siswa SMA 105 Jakarta kelas XII MIPA C dengan nilai gain sebesar 0,68 dan digolongkan sedang. Sehingga dapat dinyatakan bahwa buku fisika yang dilengkapi media *augmented reality* untuk pokok bahasan listrik statis dan listrik dinamis yang dikembangkan sudah layak digunakan sebagai buku pelengkap dalam pembelajaran Fisika SMA Kelas XII Semester I.

B. IMPLIKASI

Buku fisika dilengkapi dengan *augmented reality* ini menampilkan animasi 3D, video stimulasi, dan video eksperimen. Buku ini menampilkan animasi 3D dan video secara kontekstual karena konsep abstrak materi fisika dapat di visualisasikan. Selain itu buku ini dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran di kelas maupun sebagai media untuk memperkaya informasi diluar kelas.

C. SARAN

Penelitian yang telah dilakukan memiliki kekurangan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas buku fisika yang dilengkapi *augmented reality*, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan pengembangan buku fisika dilengkapi *augmented reality* untuk pokok bahasan lain.

2. Perlu dilakukan uji efektifitas buku fisika dilengkapi *augmented reality* ini untuk tindak lanjut dalam pembelajaran.
3. Sebaiknya untuk animasi listrik dinamis perlu dikembangkan lagi.

F. Daftar Pustaka

- Anies, 2005. Electrical Sensitivity Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik. Jakarta: Gramedia.
- Anonim, n.d. tutorialspoint.com. [Online] Available at: http://www.tutorialspoint.com/android/android_tutorial.pdf [Accessed Mei 2016].
- Arsyad, A., 2007. Media Pembelajaran. Jakarta: Persada.
- Azuma, R. S. o. A. R. P. T. a. V. E., 2008. Azuma, R.TA Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Volume vol.6 no.4, pp. 355-385.
- Cutnell, J., 2012. Physics 9 Edition. In: Physics 9 Edition. s.l.:s.n.
- Debby Thandung, F. L. W. S., 2013. Tingkat Radiasi Elektromagnetik Beberapa Laptop dan Pengaruhnya Terhadap Keluhan Kesehatan Mata. Volume Volume 1, nomor 2, Juli 2013, pp. 1058-1063.
- Dewanta Arya Nugraha, W., 2014. Pengembangan Media E-Book Interaktif Bilingual Pada Materi Pokok Kalor untuk SMA Kelas X. 03 No. 01 Tahun 2014(1-7).
- Dick, W. C. L. & C. J. o., 2015. The Systematic Design Of Instruction 5th Edition. New York: Longman.
- DK/RI, 2016. Optik Melawai. [Online] Available at: www.optikmelawai.com [Accessed 1 Oktober 2016].
- Emzir, 2007. Metodologi Penelitian Pendidikan. Jakarta: Rajawali Pers.
- Farida, N., 2009. Research and Development vs Development research. In: Research and Development vs Development research. s.l.:s.n., p. 17.
- Farisa, W., n.d. Pengembangan E-Book Interaktif Berbasis Salingtemas (Sains Lingkungan, Teknologi, Masyarakat) Pada Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa dan Penerapannya. UNS Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Vol.04 No. 02,96-75, p. 70.

- Fernando, M., 2013. Membuat Aplikasi Android AR Menggunakan Vuforia SDK dan Unity. Surakarta: Buku AR Online.
- Giancoli, 2001. Physics Fifth Edition. In: Fisika Edisi Kelima. s.l.:Erlangga.
- Gunawan Andy, J. I., 2007. Pembuatan Aplikasi Pembelajaran Fisika Listrik Dinamis Untuk SMA Kelas X Berbasis Android. Semnas UNS.
- Hamalik, O., 2008. Kurikulum dan Pembelajaran. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jewett, S., 2009. Fisika untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
- Komalasari, K., 2010. Pembelajaran Kontekstual Konsep dan Aplikasi. Bandung: PT Refika Aditama.
- Kustandi, B., 2007. Media Pembelajaran, Manual dan Digital. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Mayub, A., 2011. Rekayasa Program E-Learning Fisika Sebagai Upaya Mengefektifkan Pembelajaran Fisika SMA. Volume XXV,174 ., b ibl.,29 cm..
- Permana, M. A., 2015. Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Komputer Vision Syndrome (CVS) pada Pekerja Rental Komputer di Wilayah UNNES.
- Sabar, N., 2013. Pengembangan Aplikasi Physics Mobile Learning pada Gadget Berplatform Android Guna Meningkatkan Akses Belajar Fisika Di Era Digital. Laporan Tahunan Hibah Bersaing, pp. 1-3.
- Sitepu, 2015. Penulisan Buku Teks Pelajaran. In: Penulisan Buku Teks Pelajaran. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Siti Aida Siswarana, D., 2015. Media Pembelajaran Tata Surya Berbasis Augmented Reality Bagi Siswa SMK Kelas X. Volume 5, No.2 Nov 2015.
- Sugiyono, 2013. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sujadi, 2003. Metodologi Penelitian Pendidikan. Jakarta: Rineka Cipta.

- Suparman, E., 2014. Internasi Nilai-Nilai Kecerdasan Moral pada Anak Usia Dini. pp. 310-311.
- Tarigan, 1993. Telaah Buku Teks Bahasa Indonesia. Bandung: Angkasa.
- Valino, J. R., 1998. Interactive Augmented Reality. In: Interactive Augmented Reality. New York: Rochester.
- Wibisono, E. K., 2011. Implementasi Aplikasi Augmented Reality Sebagai Alat Peraga dalam Pelajaran Fisika Materi Tata Surya.
- Wismadi, R. H., 2013. Penggunaan Multimedia Interaktif Dalam Pembelajaran IPA di SMP. Volume No. 01/TahunXVII/Mei2013.
- Young, F., 2000. University Physics Tenth Edition. In: University Physics Tenth Edition. Bandung: Erlangga.
- Yuen, S. & Yaoyuneyong, G. & J. E., 2011. Augmented Reality: An Overview and Five Directions fir AR in Education. Volume 4(1).

Lampiran

Lampiran 1. Kuisisioner Uji Kelayakan Media



Lembar Validasi untuk Ahli Media
Pengembangan Buku Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* pada Pokok Bahasan Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII

Building Future Leaders

Nama : Drs. Andreas Handjoko Permana
 Lembaga : Universitas Negeri Jakarta
 Petunjuk Pengisian : Beri tanda ceklis (✓) tabel pilihan yang telah disediakan
 Keterangan : 1 : Sangat Tidak Setuju
 2 : Tidak Setuju
 3 : Rag-ragu
 4 : Setuju
 5 : Sangat Setuju

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skala				
			1	2	3	4	5
A. Buku							
1.	Ukuran Buku	Ukuran buku telah sesuai dengan standar ISO : A4 (210 X 297 mm) atau B5 (176 x 250 mm)					✓
2.		Ukuran buku telah proporsional dengan materi isi buku				✓	
3.	Tata Letak Kover Buku	Penataan unsur tata letak pada cover depan dan belakang telah memiliki komposisi yang jelas.				✓	
5.		Pusat pandang (<i>point center</i>) telah ditampilkan dengan baik dan jelas					✓
7.		Ukuran unsur tata letak proporsional dengan ukuran buku				✓	
8.		Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi (materi isi buku)				✓	
10.		Penampilan unsur tata letak telah konsisten (sesuai pola)				✓	

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skala				
			1	2	3	4	5
31		Penempatan judul, subjudul, ilustrasi dan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman.					✓
32		Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf					✓
33		Tidak banyak menggunakan jenis huruf hias/dekoratif					✓
34		Penggunaan variasi huruf (<i>bold, italic, capital, small capital</i>) tidak berlebihan.					✓
35		Besar huruf telah sesuai dengan tingkat pendidikan peserta didik.					✓
36		Jenis huruf telah sesuai dengan materi isi					✓
38		Spasi antar baris susunan teks telah proporsional					✓
39		Jarak antara huruf telah proporsional					✓
40		Jenjang/hierarki judul-judul telah jelas dan konsisten					✓
41		Jenjang/hierarki judul-judul telah proporsional					✓
44	Ilustrasi Isi Buku	Mampu mengungkap makna/arti dari obyek				✓	
45		Bentuk buku telah proporsional					✓
46		Bentuk dan skala telah sesuai dengan kenyataan / realitis				✓	
47		Keseluruhan gambar/ ilustrasi telah serasi					✓
48		Goresan garis dan <i>raster</i> telah jelas				✓	
8.	<i>Augmented Reality (AR)</i>						
50	Interface AR	Interface AR telah tertata dengan baik					✓
51		Menu interface telah berfungsi dengan baik					✓
52		Konsistensi <i>marker</i> dengan video yang ditampilkan telah sesuai					✓
53	Isi AR	Fitur peminadai (<i>scan</i>) AR telah dapat dioperasikan dengan mudah					✓

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skala				
			1	2	3	4	5
12.	Tipografi Kover Buku	Ukuran huruf judul buku lebih dominan dibandingkan (nama pengarang, penerbit dan logo)				✓	
13.		Warna judul buku kontras dengan warna latar belakang				✓	
14.		Ukuran huruf telah proposional dengan ukuran buku					✓
15.		Tidak menggunakan terlalu banyak kombinasi jenis huruf				✓	
16.		Tidak menggunakan huruf hias/dekorasi				✓	
17.		Jenis huruf telah disesuaikan dengan isi/ materi buku				✓	
18.		Ilustrasi telah dapat menggambarkan isi/materi buku				✓	
20.		Bentuk, warna, ukuran, proporsi ilustrasi/objek telah disesuaikan dengan konsep				✓	
21.	Tata Letak Isi Buku	Penempatan unsur tata letak telah konsisten berdasarkan pola				✓	
22.		Pemisahan antar paragraph telah jelas					✓
24.		Penempatan judul bab dan yang setara (kata pengantar, daftar isi, dll) telah seragam/konsisten					✓
25.		Bidang cetak dan margin telah proporsional terhadap ukuran buku					✓
26.		Jarak antara teks dan ilustrasi telah sesuai					✓
27.		Margin antara dua halaman berdampingan telah proporsional				✓	
28.		Bentuk, warna dan ukuran unsur tata letak telah sesuai					✓
30.		Penempatan gambar/ilustrasi sebagai latar belakang tidak mengganggu judul, teks, angka halaman.					✓

No.	Aspek	Butir Pertanyaan	Skala				
			1	2	3	4	5
54		Resolusi layar yang dihasilkan video AR telah sesuai					✓
55		Kesesuaian pemilihan warna media AR sudah tepat					✓
56		Jenis huruf yang digunakan dalam media AR telah sesuai					✓
57		Ukuran huruf yang digunakan dalam media AR telah sesuai sehingga dapat dibaca dengan jelas					✓
58		Kesesuaian media AR dengan materi telah disajikan dengan baik					✓
59		Efek <i>background</i> yang digunakan dalam AR video terdengar jelas					✓
60		Kualitas suara pada media AR sudah baik					✓
61		Setiap media AR telah dilengkapi dengan sumber yang jelas					✓

Catatan/Saran:

.....

.....

.....

.....

Telah divalidasi,
Jakarta, Juli 2017

Abi Media


Lampiran 2. Hasil Uji Kelayakan Media

No.	Aspek: Ukuran Buku	
	Skor	Skor Maksimum
1.	5	5
2.	4	5
Total	9	10
Presestase	90%	100%

No.	Aspek: Tata Letak Kover Buku	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	5	5
	4	5
	4	5
	4	5
Total	21	25
Presestase	84%	100%

No.	Aspek: Tipografi Kover Buku	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	4	5
3.	5	5
4.	4	5
5.	4	5
6.	4	5
7.	4	5
8.	4	5
Total	33	40
Presestase	82,50%	100%

No.	Aspek: Tata Letak Isi Buku	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	5	5
3.	5	5
4.	5	5
5.	5	5
6.	4	5
7.	5	5
8.	5	5
9.	5	5
10.	5	5
11.	5	5
12.	5	5
13.	5	5
14.	5	5
15.	5	5
16.	5	5
17.	5	5
18.	5	5
Total	88	90
Presestase	97,77%	100%

No.	Aspek: Ilustrasi Isi Buku	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	5	5
3.	4	5
4.	5	5
5.	4	5
Total	22	25
Presestase	88%	100%

No.	Aspek: Interface AR	
	Skor	Skor Maksimum
1.	5	5
2.	5	5
3.	5	5

No.	Aspek: Interface AR	
	Skor	Skor Maksimum
Total	15	15
Presestase	100%	100%

No.	Aspek: Interface AR	
	Skor	Skor Maksimum
1.	5	5
2.	5	5
3.	5	5
4.	5	5
5.	5	5
6.	5	5
7.	5	5
8.	5	5
9.	5	5
10.	5	5
11.	5	5
12.	5	5
Total	50	50
Presestase	100%	100%

Lampiran 3. Kuisiener Uji Kelayakan Materi



Lembar Validasi untuk Ahli Materi
Pengembangan Buku Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* pada Pokok Bahasan Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk Kelas XII SMA

Nama : Dr. IWAN SUGIHARTONO, M.Si
 Lembaga : UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
 Petunjuk Pengisian : Beri tanda ceklis (✓) tabel pilihan yang telah disediakan
 Keterangan : 1 : Sangat Tidak Setuju
 2 : Tidak Setuju
 3 : Ragu-ragu
 4 : Setuju
 5 : Sangat Setuju

No	Aspek	Pernyataan	Nilai				
			1	2	3	4	5
1.	Kesesuaian Materi	Peta konsep telah mencerminkan kaitan pokok materi sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar (KD)					✓
2.		Indikator telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)				✓	
3.		Isi materi telah sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓	
4.		Kaitan antar materi telah sesuai dengan peta konsep				✓	
5.		Materi pada buku fisika telah disajikan sesuai daya nalar siswa SMA				✓	
6.		Persamaan matematis memudahkan siswa memahami konsep fisika yang dipelajari				✓	
7.		Rumus dan keterangan rumus telah disajikan dengan jelas				✓	
8.		Keterangan rumus telah dilengkapi dengan satuan internasional.				✓	
9.		Gambar yang disajikan telah mendukung pemahaman konsep materi				✓	
10.		Terdapat keterangan gambar yang jelas pada setiap gambar yang disajikan				✓	
11.		Video AR yang disajikan telah mendukung pemahaman konsep materi				✓	

12.		Contoh soal yang disajikan telah mendukung untuk memahami materi.				✓	
13.		Pembahasan contoh soal telah disajikan secara sistematis				✓	
14.		Uraian materi telah disajikan secara terstruktur dengan baik				✓	
15.		Uraian materi tidak terdapat miskonsepsi				✓	
16.	Kekonsistenan Materi	Penggunaan simbol dalam persamaan matematis (rumus) telah disajikan secara konsisten				✓	
17.		Setiap keterangan rumus telah dilengkapi dengan satuan.				✓	
18.		Setiap sub bab telah dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan uraian materi.				✓	
19.		Sistematika penulisan untuk setiap bagian telah disajikan secara konsisten				✓	
20.	Bahasa Penulisan Materi	Uraian materi telah disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami				✓	
21.		Uraian materi telah disajikan dengan pembahasan yang tidak multitafsir				✓	
22.		Penulisan materi telah memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓	
23.		Penulisan istilah-istilah yang digunakan telah sesuai dengan aturan bahasa Indonesia				✓	

Catatan/Saran:

h.

Telah divalidasi,
Jakarta, 27 Juli 2017

Amir Materi


(Wah S)

Lampiran 4. Hasil Uji Kelayakan Materi

No.	Aspek: Kesesuaian Materi	
	Skor	Skor Maksimum
1.	5	5
2.	4	5
3.	4	5
4.	4	5
5.	4	5
6.	4	5
7.	4	5
8.	4	5
9.	4	5
10.	4	5
11.	4	5
12.	4	5
13.	4	5
14.	4	5
15.	4	5
Total	61	75
Presestase	81,33%	100%

No.	Aspek: Kekonsistenan Materi	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	4	5
3.	4	5
4.	4	5
Total	16	20
Presestase	80%	100%

No.	Aspek: Bahasa Penulisan Materi	
	Skor	Skor Maksimum
1.	4	5
2.	4	5
3.	4	5
4.	4	5
Total	16	20
Presestase	80%	100%

Lampiran 5. Kuisisioner Uji Lapangan oleh Guru



Building
Future
Leaders

INSTRUMEN UJI COBA PRODUK OLEH PENGGUNA (GURU)

Pengembangan Buku Pelajaran Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* pada
Materi Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII
Dikembangkan oleh: Bening Puspa Dewi, Prodi Pendidikan Fisika, UNJ

Nama : M. Sholeh
Institusi : SMAN 105 Jakarta

Petunjuk Pengisian:

Mohon beri tanda "√" pada kolom skor sesuai penilaian Anda terhadap buku yang dikembangkan. Penilaian diberikan menggunakan rentang skala Likert dengan lima pernyataan, yaitu:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Ragu – ragu
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Aspek	No	Pernyataan	Nilai				
			1	2	3	4	5
Kesesuaian Materi	1.	Peta konsep telah mencerminkan kaitan pokok materi sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar (KD)				√	
	2.	Tujuan pembelajaran telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)				√	
	3.	Isi materi telah sesuai dengan kompetensi dasar pada Kurikulum 2013 revisi 2016					√
	4.	Rumus dan keterangan rumus yang					√

		disajikan sudah jelas dan dilengkapi dengan satuan Internasional					
	5.	Gambar yang disajikan sudah memudahkan pemahaman konsep materi dan terdapat keterangan gambar yang jelas					✓
	6.	Uraian materi yang disajikan telah terstruktur dengan baik				✓	
	7.	Uraian materi tidak terdapat miskonsepsi				✓	
	8.	Contoh soal dan pembahasan yang disajikan sudah mendukung untuk memahami materi					✓
	9.	Ringkasan yang disajikan sudah sesuai dengan uraian materi				✓	
Kekonsistenan Materi	10.	Penggunaan simbol dalam persamaan matematis (rumus) disajikan secara konsisten					✓
	11.	Setiap sub bab dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan uraian materi.					✓
	12.	Sistematika penulisan untuk setiap bagian disajikan secara konsisten				✓	
	13.	Uraian materi untuk setiap sub pokok bahasan disajikan secara proporsional					✓
Bahasa Penulisan Materi	14.	Uraian materi disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami					✓
	15.	Uraian materi disajikan dengan pembahasan yang tidak multitafsir					✓
	16.	Penulisan materi memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar					✓

Aplikasi Augmented Reality	17.	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.					✓
	18.	Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai				✓	
	19.	Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik				✓	
	20.	Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.					✓
	21.	Video AR yang ditampilkan sudah sesuai dengan uraian materi				✓	
	22.	Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik				✓	
	23.	Jenis huruf dan ukuran huruf pada video sudah dapat terbaca dengan jelas.					✓
	24.	Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik					✓
	25.	Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas					✓
	Jumlah Skor						

Catatan/Saran: Untuk disempurnakan kembali

Jakarta, 25 Juli 2017

(M. Sholeh)



Building
Future
Leaders

INSTRUMEN UJI COBA PRODUK OLEH PENGGUNA (GURU)

Pengembangan Buku Pelajaran Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* pada
Materi Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII
Dikembangkan oleh: Bening Puspa Dewi, Prodi Pendidikan Fisika, UNJ

Nama : LUHUR SETIAWATI, S.Pd
Institusi : SMAN 105 JAKARTA

Petunjuk Pengisian:

Mohon beri tanda "√" pada kolom skor sesuai penilaian Anda terhadap buku yang dikembangkan. Penilaian diberikan menggunakan rentang skala Likert dengan lima pernyataan, yaitu:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Ragu – ragu
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Aspek	No	Pernyataan	Nilai				
			1	2	3	4	5
Kesesuaian Materi	1.	Peta konsep telah mencerminkan kaitan pokok materi sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar (KD)					√
	2.	Tujuan pembelajaran telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD)					√
	3.	Isi materi telah sesuai dengan kompetensi dasar pada Kurikulum 2013 revisi 2016				√	
	4.	Rumus dan keterangan rumus yang					√

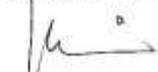
		disajikan sudah jelas dan dilengkapi dengan satuan Internasional					
	5.	Gambar yang disajikan sudah memudahkan pemahaman konsep materi dan terdapat keterangan gambar yang jelas					✓
	6.	Uraian materi yang disajikan telah terstruktur dengan baik				✓	
	7.	Uraian materi tidak terdapat miskonsepsi					✓
	8.	Contoh soal dan pembahasan yang disajikan sudah mendukung untuk memahami materi				✓	
	9.	Ringkasan yang disajikan sudah sesuai dengan uraian materi					✓
Kekonsistenan Materi	10.	Penggunaan simbol dalam persamaan matematis (rumus) disajikan secara konsisten					✓
	11.	Setiap sub bab dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan uraian materi.					✓
	12.	Sistematika penulisan untuk setiap bagian disajikan secara konsisten					✓
	13.	Uraian materi untuk setiap sub pokok bahasan disajikan secara proporsional				✓	
Bahasa Penulisan Materi	14.	Uraian materi disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami				✓	
	15.	Uraian materi disajikan dengan pembahasan yang tidak multitafsir					✓
	16.	Penulisan materi memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar					✓

Aplikasi Augmented Reality	17.	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.					✓
	18.	Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai					✓
	19.	Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik					✓
	20.	Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.					✓
	21.	Video AR yang ditampilkan sudah sesuai dengan uraian materi					✓
	22.	Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik					✓
	23.	Jenis huruf dan ukuran huruf pada video sudah dapat terbaca dengan jelas.					✓
	24.	Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik					✓
	25.	Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas					✓
Jumlah Skor							

Catatan/Saran:

lebih inovatif lagi dalam tampilan videonya

Jakarta, 25 Juli 2017


(LULU P. SETIAWATI)

Lampiran 6. Hasil Uji Lapangan oleh Guru

No.	Aspek: Kesesuaian Materi				Skor Total	Skor Total Maksimum
	Guru Fisika 1		Guru Fisika 2			
	Skor	Skor Maksimum	Skor	Skor Maksimum		
1.	4	5	5	5	9	10
2.	4	5	5	5	9	10
3.	5	5	4	5	9	10
4.	5	5	5	5	10	10
5.	5	5	5	5	10	10
6.	4	5	4	5	8	10
7.	4	5	5	5	9	10
8.	5	5	4	5	9	10
9.	4	5	5	5	9	10
Total					82	90
Presestase					91,11%	100%

No.	Aspek: Kekonsistenan Materi				Skor Total	Skor Total Maksimum
	Guru Fisika 1		Guru Fisika 2			
	Skor	Skor Maksimum	Skor	Skor Maksimum		
1.	5	5	5	5	10	10
2.	5	5	5	5	10	10
3.	4	5	5	5	9	10
4.	5	5	4	5	10	10
Total					39	40
Presestase					97,50%	100%

No.	Aspek: Bahasa Penulisan Materi				Skor Total	Skor Total Maksimum
	Guru Fisika 1		Guru Fisika 2			
	Skor	Skor Maksimum	Skor	Skor Maksimum		
1.	5	5	4	5	9	10
2.	5	5	5	5	10	10
3.	5	5	5	5	10	10
Total					39	40
Presestase					97,50%	100%

No.	Aspek: Kasesuaian Materi				Skor Total	Skor Total Maksimum
	Guru Fisika 1		Guru Fisika 2			
	Skor	Skor Maksimum	Skor	Skor Maksimum		
1.	5	5	5	5	10	10
2.	4	5	5	5	9	10
3.	4	5	5	5	9	10
4.	5	5	5	5	10	10
5.	5	5	5	5	10	10
6.	4	5	5	5	9	10
7.	4	5	5	5	9	10
8.	5	5	5	5	10	10
9.	5	5	5	5	10	10
Total					86	90
Presestase					95,56%	100%

Lampiran 7. Kuisiener Uji Coba Terbatas oleh Siswa



INSTRUMEN UJI COBA PRODUK OLEH PENGGUNA (SISWA)

Pengembangan Buku Pelajaran Fisika Dilengkapi *Augmented Reality* pada Materi Listrik Statis dan Listrik Dinamis untuk SMA Kelas XII
Dikembangkan oleh: Bening Puspa Dewi, Prodi Pendidikan Fisika, UNJ

Nama : Denisa Andriana
Kelas : XII IPA 2
Sekolah : SMAN 105 Jakarta

Petunjuk Pengisian:

Mohon beri tanda "√" pada kolom skor sesuai penilaian Anda terhadap buku yang dikembangkan. Penilaian diberikan menggunakan rentang skala Likert dengan lima pernyataan, yaitu:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Ragu - ragu
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Aspek	No	Pernyataan	Skor				
			1	2	3	4	5
Tampilan Buku	1.	Tata letak setiap komponen pada cover buku sudah proporsional				√	
	2.	Pemilihan warna pada cover buku sudah menarik				√	
	3.	Pemilihan jenis huruf dan ukuran huruf pada buku telah dapat terbaca dengan jelas					√
	4.	Gambar atau ilustrasi yang disajikan sudah jelas					√
	5.	Jarak setiap bab, sub bab, contoh soal dan latihan soal sudah konsisten					√

	5.	Jarak setiap bab, sub bab, contoh soal dan latihan soal sudah konsisten				✓	
Paparan pada Buku	6.	Peta konsep yang disajikan telah menggambarkan materi yang akan disajikan				✓	
	7.	Video yang disajikan telah memperjelas uraian materi				✓	
	8.	Pendahuluan materi sudah menggambarkan pembahasan isi bab				✓	
	9.	Urutan sub bab telah konsisten dimulai dari materi yang sederhana sampai materi yang kompleks				✓	
	10.	Bahasa penyajian materi sudah jelas dan tidak mengandung makna ganda.					✓
	11.	Persamaan matematis sudah menggunakan symbol yang sesuai dan konsisten					✓
	12.	Persamaan matematis diikuti keterangan lambang dan Satuan Internasional				✓	
	13.	Contoh soal dan pembahasan membantu dalam memahami materi					✓
	Aplikasi Augmented Reality	14.	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.				
15.		Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai					✓
16.		Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik				✓	
17.		Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.				✓	
18.		Ukuran video yang ditampilkan dengan aplikasi AR sudah proporsional				✓	
19.		Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik				✓	
20.		Jenis huruf dan ukuran huruf pada video				✓	

		sudah dapat terbaca dengan jelas.					
21.		Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik				✓	
22.		Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas				✓	..
		Jumlah Skor				15	8

Catatan/Saran:

.....

.....

.....

Jakarta, 1 Juli 2017

Dennis
 (Dennis A)

Lampiran 8. Hasil Uji Coba Terbatas oleh Siswa

No,	Aspek	Butir	Skor					Presentase
			1	2	3	4	5	
1.	Tampilan Buku	Tata letak setiap komponen pada cover buku sudah proporsional	0	0	1	6	3	84.16%
2.		Pemilihan warna pada cover buku sudah seirama	0	0	2	3	5	
3.		Pemilihan jenis huruf dan ukuran huruf pada buku telah dapat terbaca dengan jelas	0	0	1	7	2	
4.		Gambar ilustrasi yang disajikan sudah jelas	0	0	1	3	7	
5.		Jarak setiap bab, sub bab, contoh soal dan latihan soal sudah konsisten	0	0	1	6	3	
6.	Paparan pada Buku	Peta konsep yang disajikan telah menggambarkan materi yang akan disajikan	0	0	2	6	2	80%
7.		Video yang disajikan telah memperjelas uraian materi	0	0	1	4	5	
8.		Video yang disajikan telah memperjelas uraian materi	0	0	1	4	5	
9.		Urutan sub bab telah konsisten dimulai dari materi yang sederhana sampai materi yang kompleks	0	0	1	6	3	
10.		Bahasa penyajian materi sudah jelas dan tidak	0	0	1	8	1	

No,	Aspek	Butir	Skor					Presentase
			1	2	3	4	5	
		mengandung makna ganda.						
11.		Persamaan matematis sudah menggunakan symbol yang sesuai dan konsisten	0	0	2	6	2	
12.		Persamaan matematis diikuti keterangan lambang dan Satuan Internasional	0	0	2	7	1	
13.		Contoh soal dan pembahasan konsep membantu dalam memahami materi	0	0	3	5	2	
14.	Aplikasi Augmented Reality	Tampilan menu aplikasi telah proporsional.	0	0	1	3	6	83,30%
15.		Jenis huruf pada aplikasi AR sudah sesuai	0	0	1	5	4	
16.		Menu pada aplikasi sudah berfungsi dengan baik	0	0	1	5	4	
17.		Gambar dengan logo AR sudah mudah dipindai.	0	0	0	6	4	
18.		Ukuran video yang ditampilkan dengan aplikasi AR sudah proporsional	0	0	1	6	3	
19.		Video yang ditampilkan sudah memiliki resolusi yang baik	0	0	0	6	4	
20.		Jenis huruf dan ukuran huruf pada video sudah dapat terbaca dengan jelas.	0	0	1	8	1	

No,	Aspek	Butir	Skor					Presentase
			1	2	3	4	5	
21.		Kualitas suara pada aplikasi AR sudah baik	0	1	0	7	2	
22.		Setiap video AR yang ditampilkan sudah disertai dengan sumber yang jelas	0	0	1	6	3	

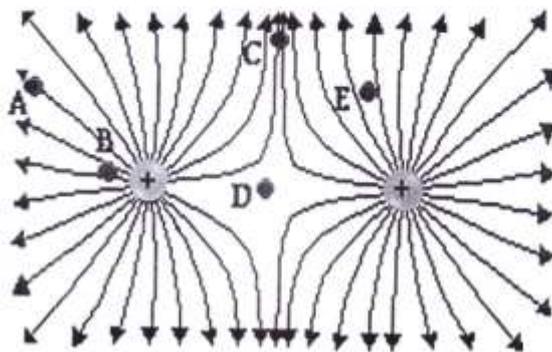
Lampiran 9. Soal Pretes dan Postes



PRE-TEST
PENGEMBANGAN BUKU MENGGUNAKAN MEDIA
AUGMENTED REALITY UNTUK FISIKA SMA KELAS XII
SEMESTER I

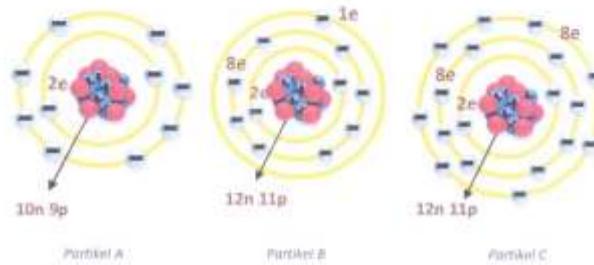
Nama Siswa : Dennise A
Asal Sekolah : SMAN 105 Jakarta

1. Perhatikan gambar garis medan listrik bermuatan positif berikut ini. Beberapa titik diberi nama pada gambar tersebut. Urutkan pada titik manakah yang memiliki medan listrik dari yang terlemah hingga yang terkuat!

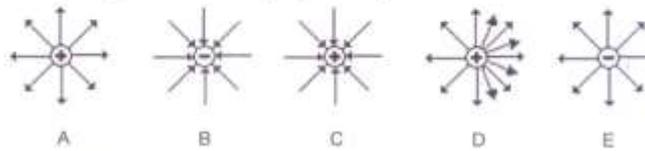


- A. C, A, B, D, E
B. A, C, E, B, D
C. E, C, A, B, D
D. D, A, E, C, B
E. B, D, E, C, A

2. Identifikasi ketiga partikel A, B, dan C berikut apakah merupakan muatan atau tidak bermuatan kemudian pilihlah pernyataan yang benar sesuai dengan gambar. (n=neutron, p=proton, e=elektron)



- A. Partikel A bermuatan positif
 B. Partikel A bermuatan negatif
 C. Partikel B bermuatan positif
 D. Partikel B bermuatan negatif
 E. Partikel C tidak bermuatan
3. Perhatikan beberapa garis medan listrik berikut ini. Tentukan manakah yang menunjukkan garis medan listrik yang semuanya tidak benar?



- A. A dan B
 B. A dan E
 C. B dan C
 D. A, D dan E
 E. C, D, dan E

4. Perhatikan faktor-faktor berikut!
- (1) konstanta dielektrik
 - (2) tebal pelat
 - (3) luas pelat
 - (4) jarak kedua pelat

Yang mempengaruhi besar kapasitas kapasitor keping sejajar adalah...

- A. (1) dan (2) saja
- B. (3) dan (4) saja
- C. (1), (2), dan (3)
- D. (1), (2), dan (4)
- E. (1), (3), dan (4)

5. Dua muatan listrik sejenis masing-masing besarnya $5 \times 10^{-9} \text{C}$ dan $2 \times 10^{-9} \text{C}$, terpisah pada jarak 3 m. Jika konstanta Coulomb $k = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$, berapakah gaya di antara kedua muatan tersebut?

~~A. 1×10^{-8}~~ $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 5 \times 10^{-9} \cdot 2 \times 10^{-9}}{3^2}$
 B. 2×10^{-8}
 C. 3×10^{-8}
 D. 4×10^{-8}
 E. 5×10^{-8}

6. Dua keping logam sejajar diberi muatan listrik sama besar dan berlawanan tanda. Pernyataan yang benar tentang kuat medan listrik di antara dua keping adalah...

- ~~A. berbanding terbalik dengan jarak kuadrat antara kedua keping.~~
- B. berbanding lurus dengan kuadrat jarak antara kedua keping.
- C. berbanding lurus dengan jarak antara kedua keping.
- D. berbanding terbalik dengan rapat muatannya.
- E. berbanding lurus dengan rapat muatannya.

7. Kapasitas suatu kapasitor keping sejajar menjadi lebih kecil apabila...

- A. kapasitor diisi dengan bahan dielektrik dengan konstanta yang lebih besar
- B. beda tegangan kedua kepingnya diperkecil
- C. luas permukaan kedua keping diperbesar
- D. jarak antara dua kepingnya diperbesar
- E. muatan setiap keping ditambah

8. Dua buah muatan tersusun seperti gambar berikut!



Jika $Q_1 = +1 \mu\text{C}$, $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ dan $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ tentukan tentukan besar dan arah kuat medan listrik pada titik P yang terletak 4 cm di kanan Q_1 !

- A. $1,6 \times 10^7 \text{ N/C}$
- B. $2,4 \times 10^7 \text{ N/C}$
- C. $3,2 \times 10^7 \text{ N/C}$
- D. $1,6 \times 10^8 \text{ N/C}$

E. $2,4 \times 10^9 \text{ N/C}$

9. Kuat medan listrik homogeny 400 N/C menembus bidang berbentuk persegi yang memiliki sisi 20 cm . Arah medan listrik membentuk sudut 60° terhadap normal bidang. Hitunglah jumlah garis medan yang menembus bidang tersebut!

A. 5 Wb

B. 6 Wb

C. 7 Wb

D. 8 Wb

E. 9 Wb

10. Tiga buah kapasitas berturut-turut 3 farad , 6 farad , dan 9 farad terhubung secara seri.

Jika kedua ujung dari gabungan tersebut dihubungkan sumber tegangan yang besarnya 110 volt , tegangan di ujung-ujung kapasitor 3 farad adalah volt.

A. 40

B. 60

C. 110

D. 120

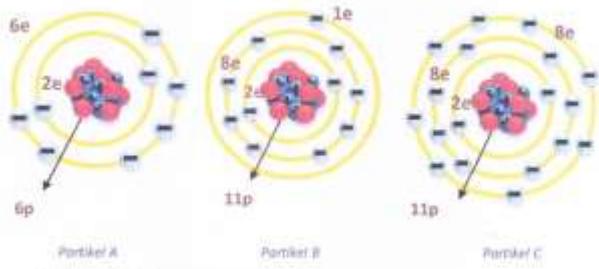
E. 220



POST-TEST
PENGEMBANGAN BUKU MENGGUNAKAN MEDIA
AUGMENTED REALITY UNTUK FISIKA SMA KELAS XII
SEMESTER I

Nama Siswa : Dennise A
Asal Sekolah : SMAN 105 Jakarta

1. Identifikasi ketiga partikel A, B, dan C berikut kemudian pilihlah pernyataan yang benar sesuai dengan gambar. (p=proton, e=elektron)



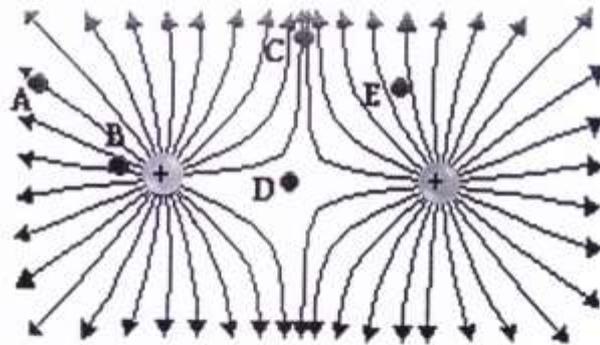
- A. Partikel A bermuatan positif
- B. Partikel A bermuatan negatif
- C. Partikel B bermuatan positif
- D. Partikel B bermuatan negatif
- E. Partikel C tidak bermuatan

2. Perhatikan beberapa garis medan listrik berikut ini. Tentukan manakah yang menunjukkan garis medan listrik yang semuanya benar?



- A. A dan B
- B. A dan E
- C. B dan C
- D. C dan D
- E. Hanya E

3. Perhatikan gambar garis medan listrik bermuatan positif berikut ini. Beberapa titik diberi nama pada gambar tersebut. Urutkan pada titik manakah yang memiliki medan listrik dari yang terkuat hingga yang terlemah!



- A. B, D, E, A, C
- B. A, C, E, B, D
- C. B, C, E, A, D
- D. D, A, E, C, B
- E. B, E, D, A, C

4. Perhatikan pernyataan berikut!

1. Benda netral adalah objek yang memiliki keseimbangan antara proton dan elektron.
2. Benda bermuatan positif tidak memiliki elektron.
3. Benda bermuatan negatif tidak memiliki proton.
4. Benda netral hanya berisi neutron

Pernyataan yang benar adalah ...

- (1) saja
- B. (2) dan (3)
- C. (2), (3), dan (4)
- D. (4) saja
- E. (1), (2), (3), dan (4)

5. Perhatikan faktor-faktor berikut!
- (1) konstanta dielektrik
 - (2) tebal pelat
 - (3) luas pelat
 - (4) volume pelat
 - (5) jarak kedua pelat
- Yang mempengaruhi besar kapasitas kapasitor keping sejajar adalah, kecuali...
- A. (1) dan (2) saja
 - B. (1) dan (3) saja
 - C. (2) dan (4) saja
 - D. (1), (3), dan (4)
 - E. (4) dan (5)
6. Dua buah muatan listrik q_1 dan q_2 terpisah di udara pada jarak r . Gaya tolak-menolak yang timbul di antara kedua muatan itu besarnya F . Bila jarak dijadikan setengah dari semula, berapakah besar gayanya?
- A. $2F$
 - B. $3F$
 - C. $4F$
 - D. $5F$
 - E. $6F$
7. Pada sebuah muatan $20\mu\text{C}$ bekerja gaya Coulomb sebesar $0,1\text{ N}$. Berapakah besar kuat medan listrik pada muatan tersebut?
- A. $3 \times 10^3\text{ N/C}$
 - B. $4 \times 10^3\text{ N/C}$
 - C. $5 \times 10^3\text{ N/C}$
 - D. $6 \times 10^3\text{ N/C}$
 - E. $7 \times 10^3\text{ N/C}$
8. Sebuah konduktor bola berongga bermuatan q berjari-jari r berada di udara. Nilai kuat medan listrik di dalam bola ...
- A. sama dengan nol
 - B. sama dengan di luar bola
 - C. sama dengan di luar permukaan bola
 - D. lebih kecil daripada kuat medan listrik di luar bola
 - E. lebih kecil daripada kuat medan listrik di permukaan bola
9. Tentukan usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik $100\mu\text{C}$ dalam medan listrik homogen yang memiliki potensial 4000 V !
- A. $0,4\text{ J}$
 - B. $0,5\text{ J}$
 - C. $0,6\text{ J}$

- D. 0,7 J
- E. 0,8 J

10. Sebuah muatan titik $2\mu\text{C}$ berada di udara ($k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$). Tentukanlah potensial listrik di suatu titik yang berjarak 10 cm dari muatan tersebut!

- A. $16 \times 10^4 \text{ V}$
- B. $17 \times 10^4 \text{ V}$
- C. $18 \times 10^4 \text{ V}$
- D. $19 \times 10^4 \text{ V}$
- E. $20 \times 10^4 \text{ V}$

Lampiran 10. Kunci Jawaban Pretes dan Postes

Kunci jawaban pretes

1. D
2. B
3. E
4. E
5. A
6. E
7. D
8. A
9. D
10. B

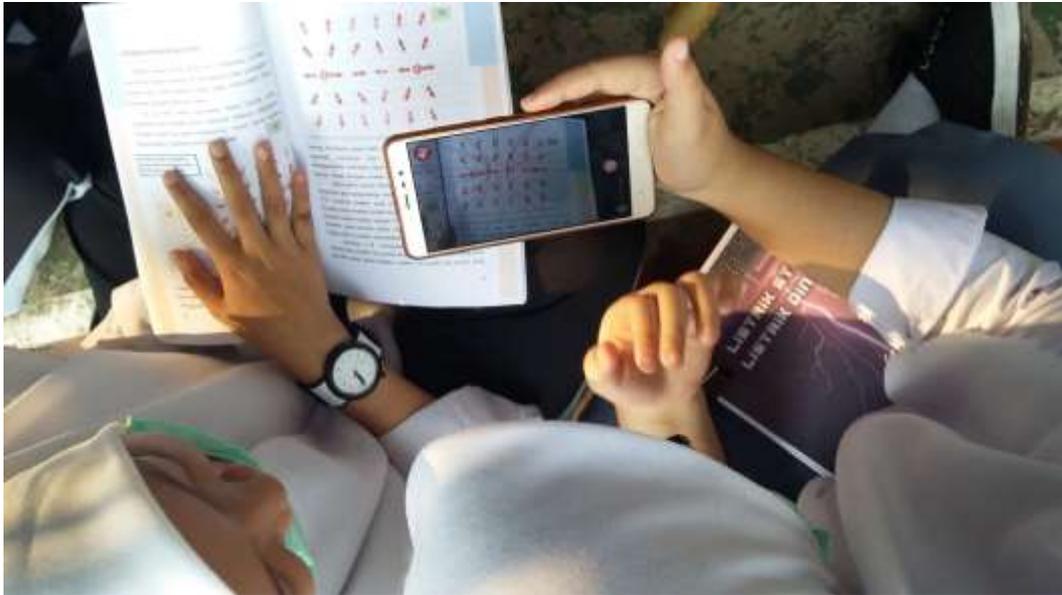
Kunci jawaban postes

1. B
2. A
3. C
4. A
5. C
6. C
7. E
8. A
9. A
10. C

Lampiran 11. Hasil Pretes dan Postes

No.	Nama	Pretes	Postes	Gain Ternormalisasi
1.	Sutan FR	40	80	0,67
2.	Auzan	30	70	0,571
3.	Asa P	30	80	0,571
4.	Miftahul H	20	80	0,75
5.	Diky F	40	80	0,67
6.	Dennise A	30	80	0,71
7.	Mutiara A	10	70	0,67
8.	M. Izzudin A.Q	30	80	0,71
9.	Dandy A	30	80	0,571
10.	Erlangga	20	80	0,75
Rata-rata		28	78	0,68

Lampiran 12. Dokumentasi Proses Uji Lapangan, Uji Coba Terbatas dan Uji Coba Keterbacaan



Lampiran 13. Surat Pernyataan Telah Melaksanakan Penelitian



SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI 105 JAKARTA

SURAT KETERANGAN
NOMOR: 1107 / 1.851.6071

TENTANG:
PELAKSANAAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. Imam Prasaja, M.Si.
NIP : 196508221994031003
Pangkat / Gol. : Pembina / IVa
Jabatan : Kepala Sekolah

MENERANGKAN:

Bahwa nama di bawah ini:

Nama : **BENING PUSPA DEWI**
No. Reg. : **3215130832**
Universitas : **UNJ**

Benar nama tersebut di atas telah melaksanakan penelitian di SMA Negeri 105 pada hari Jum'a tanggal 21 Juli 2017 dengan baik.

Surat Keterangan kami berikan dalam rangka penyusunan skripsi yang berjudul :

"Pengembangan Buku Menggunakan Media Augmented Reality untuk Fisika SMA Kelas XII Semester I"

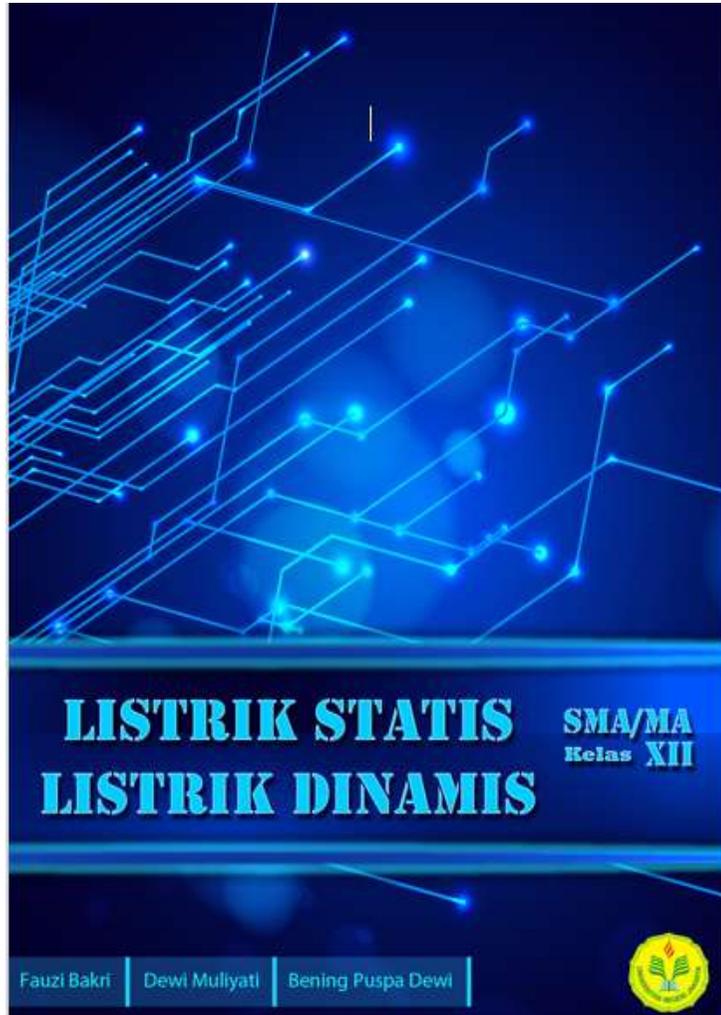
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 1 Agustus 2017
Kepala Sekolah

Drs. Imam Prasaja, M.Si.
NIP. 196508221994031003



Lampiran 14. Buku Listrik Statis



LISTRIK STATIS
LISTRIK DINAMIS
UNTUK SMA/MA KELAS XII

FAUZI BAKRI
DEWI MULIYATI
BENING PUSPA DEWI





LISTRIK STATIS LISTRIK DINAMIS

Penulis : Bening Puspa Dewi
Fauzi Bakri
Dewi Mulyati
Editor : Bening Puspa Dewi
Perancang Sampul : Bening Puspa Dewi
Perancang Tata Letak Isi : Bening Puspa Dewi
Penata Letak Isi : Bening Puspa Dewi
Tahun Terbit : 2017

Tata letak buku ini menggunakan Microsoft Word 2016. Font isi menggunakan Arial (11pt).

Animasi 3D *Augmented Reality* (AR) menggunakan Blender.
Aplikasi AR menggunakan Unity 5.6.1f1 (64bit), Vuforia, Vuforia
Video Playback 5-5-9

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku Fisika Listrik Statis dan Listrik Dinamis SMA/MA Kelas XII ini. Buku Fisika Listrik Statis dan Listrik Dinamis SMA/MA Kelas XII ini disusun berdasarkan kurikulum 2013 revisi 2016 sesuai dengan kompetensi dasar (KD) 3.1 dan 3.2.

Buku pelajaran ini dilengkapi dengan media *augmented reality* (AR) yang dirancang untuk memvisualisasikan objek 2D menjadi dalam bentuk 3D serta menambahkan komponen audio visual kedalam buku sehingga diharapkan buku ini layak digunakan dan dapat menunjang pembelajaran siswa serta dirancang untuk menunjang aktivitas mengamati, menanyai, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan.

Untuk mendukung tujuan tersebut buku ini dilengkapi dengan AR video simulasi pembelajaran, video eksperimen, video pengenalan dan pemanfaatan kapasitor, dan animasi 3 dimensi.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan buku ini. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi sempurnanya buku ini.

Jakarta, Juni 2017

Penulis

PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU



Judul Bab untuk mengetahui pokok materi pembahasan yang akan dipelajari peserta didik.

Logo AR merupakan tanda yang diberikan untuk menandakan bahwa gambar tersebut dapat dipindai (scan) sehingga video dan 3 dimensi AR dapat ditayangkan.

Video Stimulasi bertujuan untuk menimbulkan kebingungan pada siswa, kemudian dilanjutkan untuk tidak memberi generalisasi, agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri.



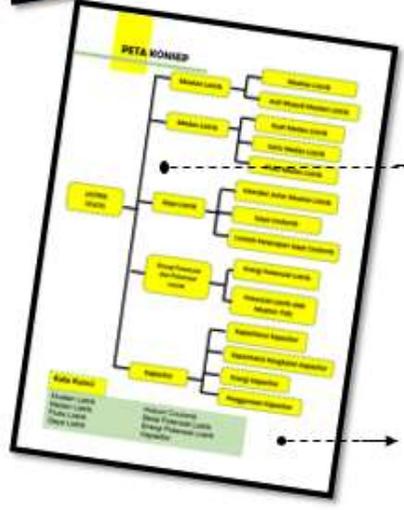
Stimulasi yang berisi fenomena-fenomena fisika dan pertanyaan-pertanyaan yang bertujuan untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu siswa untuk melakukan eksplorasi.

Uji Kompetensi Awal pertanyaan-pertanyaan yang bertujuan untuk mengukur kemampuan awal siswa.



Bagaimana Proses Terjadinya Muatan di Dalam Awan?

Apersepsi yang berisi dasar pembelajaran yang bertujuan untuk memotivasi peserta didik dengan memberikan penjelasan tentang pentingnya mempelajari materi ini.



Peta Konsep menggambarkan keterkaitan antarkonsep dalam bab.

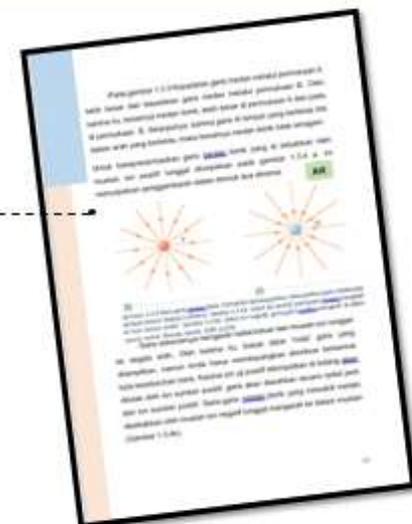
Kata Kunci berisi kata-kata penting dalam materi yang berfungsi untuk memudahkan siswa dalam memahami materi.



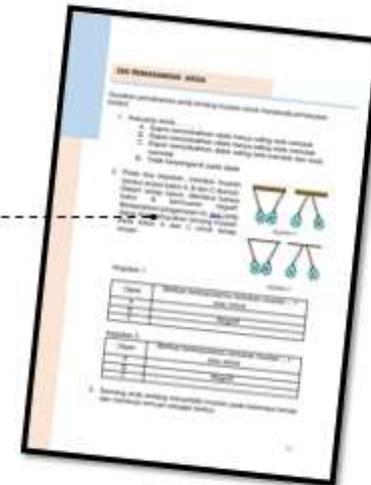
Tujuan Pembelajaran yang berisi tujuan-tujuan yang harus dicapai oleh peserta didik dalam setiap pembelajaran.



Contoh Soal dan Pembahasan berisi soal-soal dan pembahasan sesuai dengan materi yang telah dipelajari.



3 Dimensi AR yang bertujuan untuk memperjelas konsep maupun proses yang terjadi.



Cek Pemahaman berisi soal-soal latihan secara individu yang bertujuan untuk melatih keterampilan peserta didik terhadap materi yang telah dipelajari.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Petunjuk Penggunaan Buku	ix
Daftar Isi	vii

BAB I LISTRIK STATIS

7	1.1 MUATAN LISTRIK
22	1.2 MEDAN LISTRIK
24	1.3 GARIS MEDAN
28	1.4 FLUKS MEDAN LISTRIK
30	1.5 INTERAKSI ANTAR MUATAN LISTRIK
33	1.6 GAYA LISTRIK
36	1.7 CONTOH GAYA LISTRIK
39	1.8 KEGIATAN PENGAMATAN LISTRIK
50	1.9 ENERGI POTENSIAL DAN POTENSIAL LISTRIK
56	1.10 KAPASITOR
65	RANGKUMAN BAB I

BAB II LISTRIK DINAMIS

76	2.1 ARUS LISTRIK
83	2.2 HAMBATAN
88	2.3 GAYA GERAK LISTRIK (GGL) & TEGANGAN TERMINAL
89	2.4 HAMBATAN DALAM GGL
91	2.5 HUKUM OHM
93	2.6 RESISTOR SERI DAN PARALEL
95	2.7 GABUNGAN SUMBER TEGANGAN
97	2.8 HUKUM KIRCHOFF
99	2.9 ENERGI DAN DAYA LISTRIK
101	RANGKUMAN BAB II
102	EVALUASI MATERI BAB II
105	DAFTAR PUSTAKA

BAB I

LISTRIK STATIS

AR



Gambar 1.1 Petir

Sumber - NOAA Photo Library, NOAA Central Library; OAR/ERL/National Severe Storms Laboratory (NSSL)

KOMPETENSI DASAR

Menganalisis muatan listrik, gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada berbagai kasus.

Amati video petir di atas dan berikan analisismu !

1

Dalam kehidupan sehari-hari Anda tentu pernah menyaksikan fenomena petir, kita tahu bahwa sambaran petir dapat menyebabkan pohon terbakar hingga hangus, luka bakar, bahkan dapat membunuh manusia. Pernahkah Anda berpikir mengapa hal tersebut dapat terjadi? Apa yang menyebabkan terjadinya petir?

Selain petir terdapat fenomena lain yang serupa, Anda pasti sudah tidak asing dengan mesin fotokopi yang dapat menggandakan tulisan dengan membubuhkan tinta pada kertas. Tahukah Anda bagaimana proses kerja mesin fotokopi?

Semua fenomena tersebut merupakan contoh dari kejadian listrik statis. Untuk mengetahui lebih jauh mengenai listrik statis, mari kita pelajari bab ini dengan seksama.

UJI KOMPETENSI AWAL

Sebelum mempelajari bab ini, kerjakanlah soal-soal berikut.

1. Apa partikel penyusun atom itu? Bagaimana sifat penyusun atom tersebut?
2. Apa yang kamu ketahui tentang muatan listrik?
3. Mengapa petir dapat menyambar seperti lidah api yang bergerak menuju suatu tempat?
4. Bagaimana proses kerja mesin fotokopi?

2

Apa itu petir ?



Gambar 1.2 Awan mendung (Sumber: apakabardunia.com)

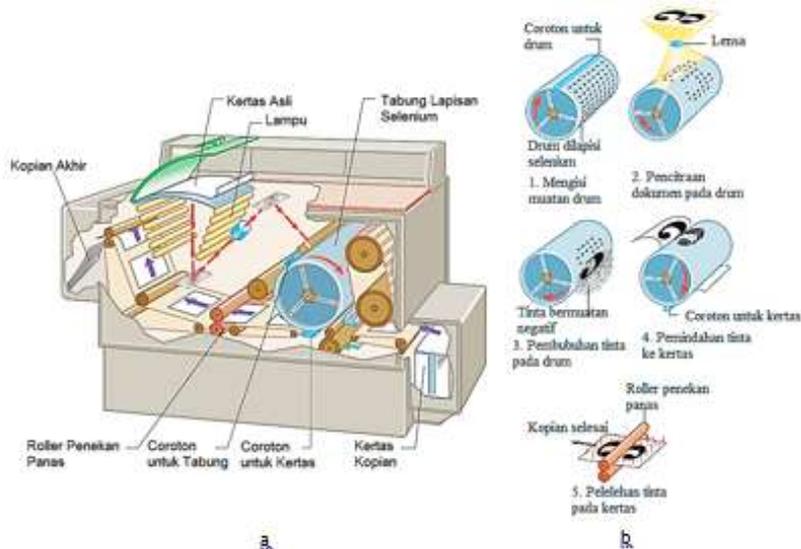
Petir merupakan fenomena alam berupa kilatan cahaya yang terjadi akibat pelepasan muatan listrik di awan, yang Anda lihat sebelum atau pada saat hujan tiba.

Apa yang menyebabkan terjadinya petir?

Awan yang mengandung ion bermuatan listrik dapat menghasilkan petir, awan ini adalah awan *cumulonimbus*. Di dalam awan tersebut mengandung banyak partikel bermuatan listrik.

Awan *cumulonimbus* juga mengandung kristal es dan pada bagian atas awan bermuatan positif sedangkan pada bagian bawah bermuatan negatif. Partikel bermuatan ini terbentuk akibat kristal es yang saling bergesekan kemudian menimbulkan proses ionisasi sehingga kristal es menjadi bermuatan. Partikel bermuatan inilah yang dapat memunculkan petir.

Bagaimana proses kerja mesin fotokopi?

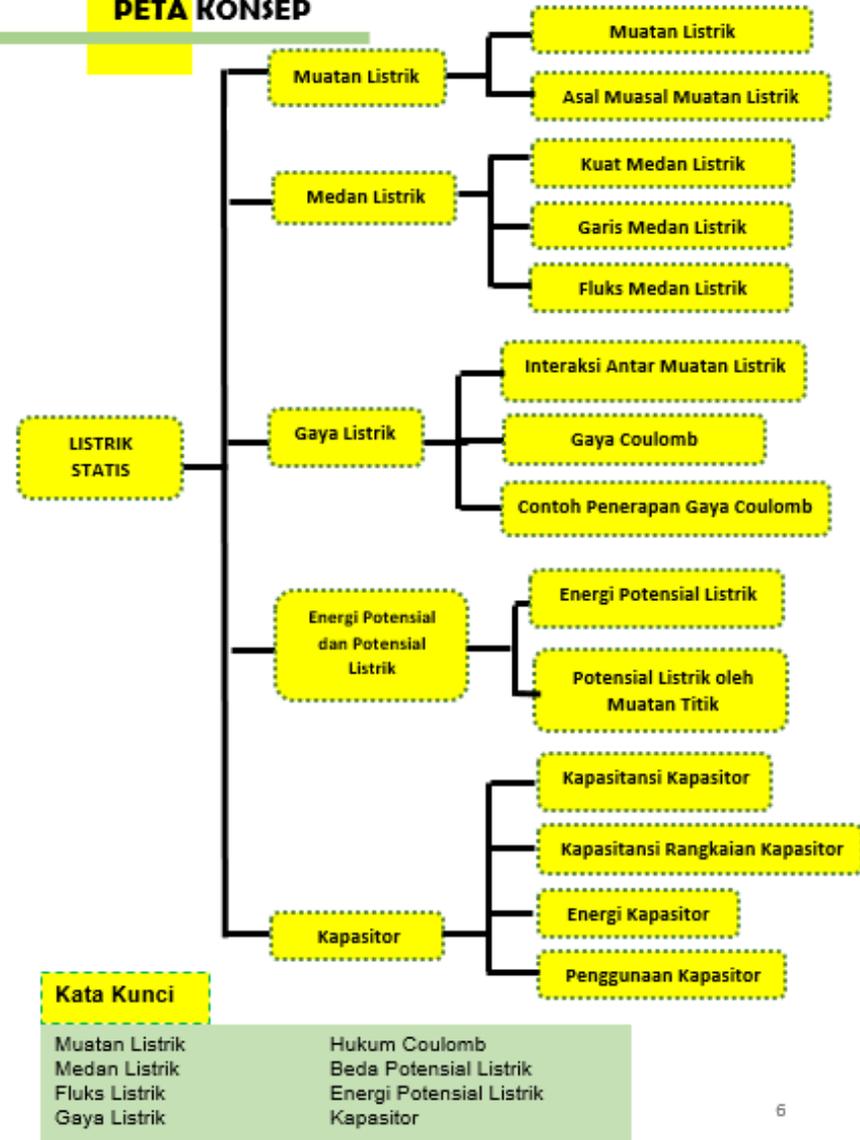


Gambar 1.3. Mesin fotokopi (Cutnell, Johnson, 2012, 554)

Mesin fotokopi bekerja diawali dengan pengisian muatan listrik pada drum (tabung). Perhatikan gambar 1.3b no 2, dokumen asli disoroti oleh sinar, citra pantulannya difokuskan menggunakan lensa ke drum (tabung) yang bermuatan listrik statis. Muatan listrik statis yang tersebar dan melekat pada tabung menyesuaikan pola gelap terang pada dokumen asli. Perhatikan gambar 1.3b no 3, bubuk tinta tertarik karena pengaruh muatan listrik statis yang berada disekeliling tabung, hal ini terjadi karena perbedaan muatan antara muatan pada lapisan tabung dengan bubuk tinta. Tabung dilapisi dengan muatan positif sedangkan bubuk tinta bermuatan negatif sehingga keduanya saling tarik menarik. Lalu bubuk tinta dipindahkan ke selembar kertas salinan dan dikeringkan melalui proses pemanasan.

5

PETA KONSEP



6

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari paparan materi yang ada pada buku ini diharapkan siswa mampu

1. Mengamati video AR sehingga dapat memahami prinsip muatan listrik, kuat medan listrik, serta penerapannya pada berbagai kasus.
2. Memperkirakan penyebab gejala kelistrikan pada fenomena listrik statis dan terjadinya pergerakan muatan pada elektrostatik.
3. Menentukan medan listrik, gaya listrik, energi potensial dan potensial listrik.
4. Menentukan hubungan interaksi antar muatan listrik.
5. Memecahkan masalah mengenai kapasitansi kapasitor, kapasitansi rangkaian kapasitor dan energi kapasitor.

1.1 MUATAN LISTRIK



Gambar 1.4 Ibu dan anak perempuan keduanya menikmati efek pengisian listrik pada tubuh mereka. Setiap rambut masing-masing di kepala mereka menjadi bermuatan sehingga rambutnya berdiri. (J.L.A. Serway, L.W. Jewett, Thomson, 2004, p. 706)

1.1.1 FENOMENA MUATAN LISTRIK

Fenomena listrik statis ditemukan pada awal 600 SM oleh Thales of Miletus (625-547 SM), seorang ahli matematika Yunani kuno. Ketika ia menggosok batu ambar dengan kain wol, batu ambar kemudian bisa menarik potongan kertas yang berada di sekitarnya.

Thales telah memberikan muatan pada batu ambar, sehingga menjadi bermuatan. Kata listrik merupakan bahasa Yunani yang berasal dari kata elektron, yang berarti "ambar."

Untuk lebih memahami fenomena muatan listrik, lakukanlah kegiatan pengamatan 1.1, amati video eksperimen listrik statis dan diskusikan dengan temanmu untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut.

KEGIATAN PENGAMATAN 1.1

AR

Amatilah video eksperimen berikut!



Gambar 1.5 Video eksperimen listrik statis
(Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=VZNgU-Yt-Y>)

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan hasil pengamatan video listrik statis tersebut!

1. Apa yang terjadi pada sterofoam? Kenapa kedua sterofoam tersebut menjadi saling tolak menolak?

Jawaban:

.....
.....
.....

2. Kenapa ada gaya tolak menolak antara kedua sterofoam tersebut?

Jawaban:

.....
.....
.....

3. Apa yang terjadi pada pipa sehingga ketika kaleng tersebut didekatkan pada pipa, kaleng tersebut menjadi tertarik oleh pipa?

Jawaban:

.....

.....

4. Apa yang terjadi pada pipa sehingga ketika pipa didekatkan pada batang korek api, batang korek api tersebut menjauhi pipa?

Jawaban:

.....

.....

.....

Berdasarkan kegiatan pengamatan 1.1, Kaleng akan bergerak mendekati paralon PVC yang sebelumnya telah digosok dengan kain. Hal tersebut terjadi karena paralon PVC telah bermuatan listrik.

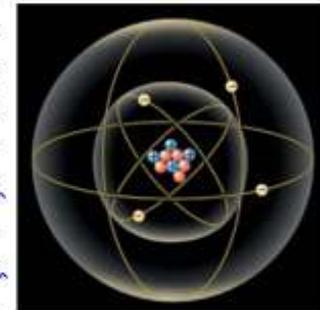
UJI PEMAHAMAN KONSEP 1.1

1. Pada percobaan Thales, apa yang menyebabkan batu ambar yang telah digosok-gosokan pada kain wol dapat menarik potongan kertas di dekatnya?
2. Mengapa PVC yang telah digosok-gosokkan pada kain wol atau sutra dapat membuat pengaruh seperti tarik menarik atau tolak menolak terhadap benda ringan seperti potongan kertas, styrofoam dan batang korek api?

1.1.2 ASAL MUAL MUATAN LISTRIK

Gejala kelistrikan berhubungan erat dengan materi penyusunnya. Setiap benda bermuatan tersusun atas molekul. Molekul tersusun atas dua atom atau lebih. Setiap atom tersusun atas partikel-partikel penyusun atom yaitu proton, neutron, dan elektron. Proton dan neutron berada pada inti atom. Sedangkan elektron bergerak mengelilingi proton dan neutron.

● elektron
● proton
● neutron

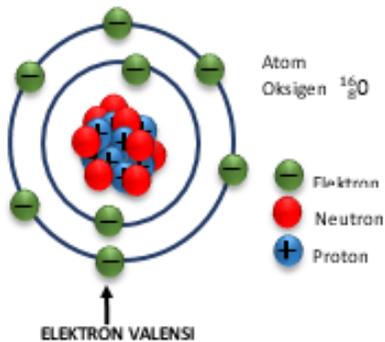


Gambar 1.6 Atom tersusun atas inti dan kulit. Pada inti terdapat proton dan neutron, sedangkan bagian kulit terdapat elektron yang mengelilingi inti. (Cutnell, Johnson 2012, p.529)

Muatan yang terdapat pada proton dan elektron sama besar, tetapi berlawanan tanda. Proton bermuatan positif, elektron bermuatan negatif, dan neutron tidak bermuatan (netral).

Eksperimen mengungkapkan bahwa besar muatan proton sama dengan besar muatan elektron; proton membawa muatan positif $+e$ dan elektron membawa muatan negatif $-e$. Satuan Internasional dari besaran muatan listrik adalah coulomb (C), dan e telah ditentukan berdasarkan eksperimen yaitu $e = 1,60 \times 10^{-19} C$ sedangkan elektron memiliki massa $9,11 \times 10^{-31} kg$.

a) Elektron Valensi

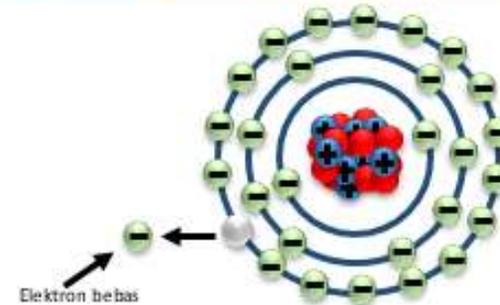


Gambar 1.7 Atom oksigen: 8 proton, 8 neutron dan 8 elektron berada di inti atom, dan dikelilingi oleh elektron yang berada di kulit atom. (Dokumen Pribadi)

Elektron yang berada pada kulit paling luar dari atom disebut elektron valensi. Elektron valensi terikat dengan inti atom namun dengan ikatan yang lemah dibandingkan dengan elektron yang berada pada kulit paling dalam. Elektron valensi mudah hilang dari atom induk daripada

elektron yang berada pada kulit paling dalam. Salah satu gaya yang dapat menahan elektron agar tetap berada dalam lintasannya adalah gaya tarik menarik antara muatan yang tidak sejenis. Jika dua partikel yang muatannya berlawanan didekatkan, maka akan semakin besar gaya tarik antara kedua muatan. Oleh karena itu, tarikan antara inti atom dan elektron akan berkurang gaya tarikannya jika elektron semakin menjauh dari inti atom. Elektron memiliki energi karena memiliki massa dan terus menerus bergerak. Elektron valensi memiliki lebih banyak energi dari pada elektron yang berada pada kulit paling dalam. Secara umum, elektron yang paling jauh dari inti atom, memiliki energi yang lebih besar.

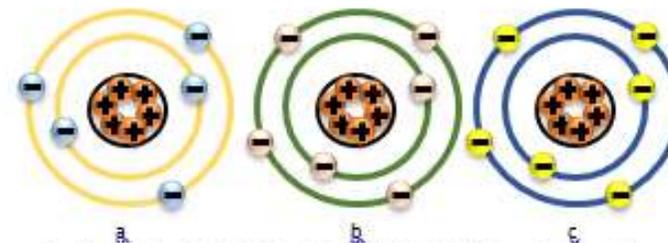
b) Elektron Bebas



Gambar 1.8 Elektron bebas merupakan elektron valensi yang mudah terpisah dari atom induk. (Dokumen pribadi)

Elektron bebas merupakan elektron valensi yang mudah terpisah dari atom. Hanya elektron valensi yang dapat menjadi elektron bebas. Elektron pada kulit paling dalam terikat kuat dengan inti atom, sehingga tidak mudah dipisahkan dari atom. Sedangkan elektron valensi dapat bergerak bebas dari atom induk jika terdapat energi yang ditambahkan pada atom induk tersebut.

c) Ion



Gambar 1.9 a) Ion Positif (tidak seimbang), b) Netral (6 elektron, 6 proton), c) Ion Negatif (tidak seimbang)

Ketika elektron valensi meninggalkan atom induk untuk menjadi elektron bebas, maka atom induk membutuhkan satu muatan listrik negatif. Ketiadaan satu muatan listrik negatif dari atom induk yang ditinggalkan ini menyebabkan atom induk bermuatan positif. Atom yang memiliki jumlah proton dan elektron sama dikatakan netral atau tidak bermuatan, sedangkan atom yang memiliki jumlah proton dan elektron yang tidak sama maka disebut ion. Ketika sebuah atom kehilangan elektron, maka akan menjadi *ion positif*. Sebaliknya, atom yang kelebihan elektron mengandung muatan negatif dan menjadi *ion negatif*. Ion negatif terbentuk ketika atom menerima tambahan elektron.

d) Penerapan Struktur Atom terhadap Listrik Statis

Pemahaman mengenai struktur atom sangat penting untuk mempelajari listrik statis. Kesimpulan mengenai atom adalah sebagai berikut:

1. Semua materi tersusun dari atom. Atom yang telah diidentifikasi berdasarkan jumlah protonnya, atom dari unsur yang berbeda mempunyai jumlah proton yang berbeda. Setiap atom juga mempunyai jumlah elektron tertentu. Untuk keadaan stabil jumlah elektron atom dapat lebih sedikit atau sama atau lebih banyak dari jumlah elektronnya. Atom yang kekurangan elektron disebut ion negatif, sedangkan atom yang kelebihan elektron disebut ion positif.

2. Elektron bermuatan negatif dan terikat lemah pada atom. Elektron sering dikeluarkan dari atom induk dan ditambahkan ke atom lain dalam kejadian normal sehari-hari.
3. Inti atom mengandung proton bermuatan positif dan neutron netral. Ikatan proton dan neutron ini tidak dapat dilepas atau terganggu oleh kejadian normal sehari-hari yang seperti biasa.

Tabel 1.1 Ringkasan Struktur Atom

Karakter	Proton	Neutron	Elektron
Letak	Dalam inti	Dalam inti	Luar inti
Ikatan	Ikatannya sangat rapat	Ikatannya sangat rapat	Ikatannya lemah
Muatan	Positif	Netral (Tidak Bermuatan)	negatif
Dimensi	$+1,60 \times 10^{-19} C$	$1,60 \times 10^{-19} C$	$-1,60 \times 10^{-19} C$

Tabel 1.2 Perbandingan Partikel Bermuatan dengan Partikel Tidak Bermuatan

Muatan Positif	Muatan Negatif	Tidak Bermuatan
Memiliki jumlah proton yang lebih banyak daripada elektron	Memiliki jumlah elektron yang lebih banyak daripada proton	Jumlah proton dan elektron sama

Kesimpulan

Jumlah elektron yang mengelilingi inti atom akan menentukan apakah sebuah atom bermuatan listrik atau netral. Jumlah muatan pada proton tunggal sama dengan jumlah muatan yang dimiliki oleh satu elektron tetapi jenis muatan yang berlawanan. Jadi, jika sebuah atom mengandung sejumlah proton dan elektron yang sama, atom tersebut bermuatan netral. Di sisi lain, jika sebuah atom memiliki jumlah proton dan elektron yang tidak sama, maka atom tersebut bermuatan listrik (dan faktanya, kemudian disebut sebagai ion dan bukan atom). Setiap partikel, apakah atom, molekul atau ion, yang mengandung elektron lebih sedikit daripada proton dikatakan dapat dikatakan bermuatan positif. Sebaliknya, partikel yang mengandung lebih banyak elektron daripada proton maka dapat dikatakan bermuatan negatif.

Contoh Soal 1

Gunakan pemahaman Anda tentang muatan untuk menjawab pertanyaan berikut. Setelah selesai, simak jawaban untuk memahaminya.

1. merupakan bagian yang bermuatan pada atom.
 - A. Hanya elektron
 - B. Hanya proton
 - C. Neutron saja
 - D. Elektron dan neutron
 - E. Elektron dan proton
 - F. Proton dan neutron

Jawaban : E

Elektron bermuatan negatif dan proton bermuatan positif.

Neutron tidak memiliki muatan.

2. **BENAR** atau **SALAH** : Benda bermuatan positif berisi semua proton. Tidak ada elektron.

Jawaban : **Salah**. Benda bermuatan positif memiliki elektron; Namun hanya memiliki lebih banyak proton daripada elektron.

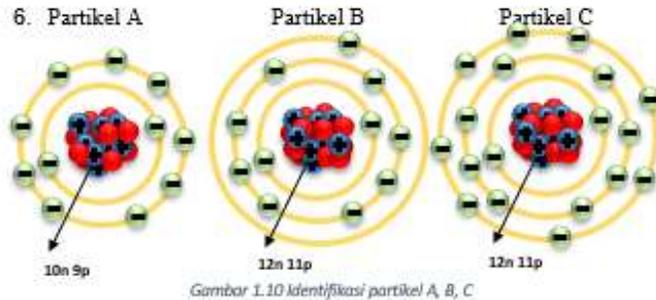
3. **BENAR** atau **SALAH** : Benda bermuatan negatif hanya bisa berisi elektron tanpa proton yang menyertainya.

Jawaban : **Salah**. Benda bermuatan negatif memiliki proton; namun hanya jumlah elektron mereka lebih besar dari jumlah proton mereka.

4. **BENAR** atau **SALAH** : Benda yang netral hanya berisi neutron

Jawaban : **Salah**. Atom netral memiliki jumlah elektron yang sama dengan proton. Ini memberi objek keseimbangan dari kedua jenis muatan.

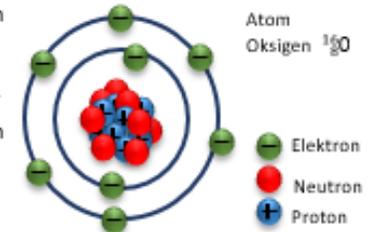
5. Identifikasi partikel A, B dan C berikut merupakan muatan atau tidak bermuatan. Jika terisi muatan, tunjukkan apakah muatan tersebut positif atau negatif. Berikan penjelasan! (N=neutron, p=proton, e=elektron)



Jawaban :

- A. Muatan negatif. Ada 11 elektron dan 10 proton. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan muatan. Dengan elektron lebih banyak daripada proton, partikelnya bermuatan negatif.
- B. Tidak bermuatan. Ada 11 elektron dan 11 proton. Hal ini menghasilkan keseimbangan muatan. Partikel ini netral atau tidak bermuatan.
- C. Muatan positif. Ada 18 elektron dan 20 proton. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan muatan. Dengan lebih banyak proton daripada elektron, partikelnya bermuatan positif.

7. Perhatikan gambar di sebelah kanan atom oksigen netral.



- A. Jelaskan apa yang harus terjadi agar atom oksigen bermuatan negatif.
- B. Jelaskan apa yang harus terjadi agar atom oksigen bisa bermuatan positif.

Gambar 1.11 Atom oksigen netral

Jawaban :

- a. Mendapatkan elektron. b. Mengurangi elektron

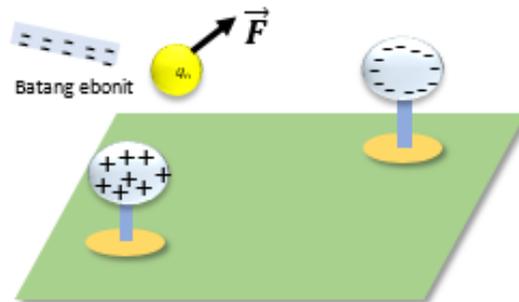
Proton terikat erat dalam nukleus dan tidak dapat diperoleh atau hilang. Jadi, setiap perubahan muatan atom adalah karena perubahan jumlah elektronnya. Jika atom netral memperoleh elektron, maka elektron akan bermuatan negatif. Jika atom netral kehilangan elektron, maka atom menjadi bermuatan positif.

8. Tanggapi pernyataan berikut ini:

"Benda bermuatan positif adalah benda yang memiliki kelebihan elektron positif."

Jawaban : Elektron tidak bermuatan positif. Benda bermuatan positif memiliki kelebihan proton (yang bermuatan positif).

1.2 MEDAN LISTRIK



Gambar 1.12. Gaya elektrostatik yang terjadi akibat adanya muatan lain di sekitarnya.

Medan listrik merupakan daerah di sekitar muatan yang dapat mempengaruhi muatan lain. Muatan uji, merupakan ion positif yang digunakan untuk menentukan sejauh mana muatan disekitarnya menghasilkan gaya listrik.

Seperti kita ketahui, muatan listrik akan mengalami gaya elektrostatik akibat adanya muatan lain di sekitarnya. Misalnya, q_0 muatan positif pada Gambar 1.12 mengalami gaya elektrostatik. Gaya elektrostatik yang mempengaruhi kedua muatan dipengaruhi oleh besarnya masing-masing muatan dan kuadrat jarak antara kedua muatan.

Semakin jauh jarak antara kedua muatan, maka besar gaya elektrostatik antara kedua muatan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil jarak antar muatan maka semakin besar gaya elektrostatiknya. Artinya semakin dekat jarak antar muatan, pengaruh muatan terhadap muatan uji, semakin besar. Disekitar

muatan garis medan lebih rapat, semakin jauh dari muatan garis medan semakin renggang. Gaya elektrostatik yang dirasakan oleh muatan uji sebanding dengan medan elektrostatik yang ditimbulkan oleh suatu muatan. Sedangkan semakin kecil jarak antar muatan, garis-garis medan yang dihasilkan semakin rapat, maka semakin besar pula gaya elektrostatik.

Gaya elektrostatik suatu muatan uji q dipengaruhi oleh medan elektrostatik yang ditimbulkan oleh suatu muatan listrik Q . Semakin besar suatu muatan Q , semakin besar medan elektrostatiknya dan semakin besar juga gaya elektrostatik yang dihasilkan oleh suatu muatan uji q . Berdasarkan hasil pengamatan, hubungan medan E dan jarak muatan ke titik uji digambarkan oleh data pada tabel berikut;

Tabel 1.4 Hubungan medan E dengan jarak muatan ke titik uji.

Jarak	Medan
r	E
$2r$	$\frac{1}{4} E$
$3r$	$\frac{1}{9} E$
$4r$	$\frac{1}{16} E$

Bahwa medan listrik E yang dihasilkan muatan Q berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari muatan Q ke titik uji. Medan listrik E yang dihasilkan muatan Q dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad 1.1$$

Keterangan:

E : Medan listrik (N/C)

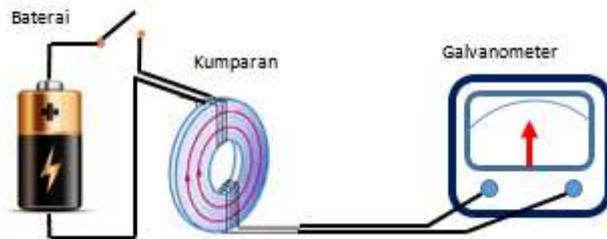
Q : Muatan listrik (Coulomb)

r : Jarak antara muatan (m)

k : Konstanta perbandingan ($8,988 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2 = 9,0 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$)

1.3. GARIS MEDAN

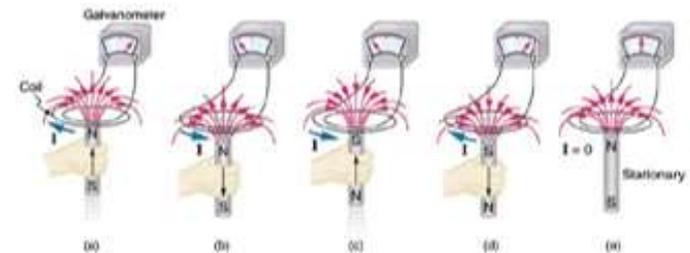
Garis medan merupakan pola garis-garis khayal yang menunjukkan keberadaan medan listrik. Garis-garis medan listrik pertama kalinya diperkenalkan oleh Michael Faraday. Gambar 1.13 menunjukkan peralatan yang digunakan untuk demonstrasi mengenai medan listrik yang dapat menghasilkan arus listrik.



Gambar 1.13 Alat dan Bahan yang digunakan Faraday untuk mendemonstrasikan bahwa medan listrik bisa menghasilkan arus listrik. ketika saklar dibuka dan ditutup, galvanometer menunjukkan adanya arus listrik yang berlawanan arah. (OpenStax College, Paul, Roger, p.815)

Ketika saklar ditutup, medan magnet dihasilkan dari kumparan pada bagian atas cincin besi dan disalurkan ke

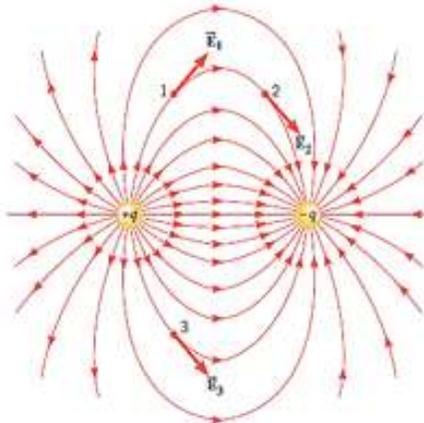
kumparan bagian bawah cincin. Galvanometer digunakan untuk mendeteksi keberadaan induksi arus listrik pada bagian bawah kumparan. Ketika saklar dibuka, galvanometer mendeteksi adanya arus listrik dengan arah yang berlawanan. Lebih menariknya lagi, jika saklar tertutup atau terbuka untuk waktu yang lama, maka tidak terdapat arus listrik yang melewati galvanometer. Membuka dan menutup saklar dapat menghasilkan induksi arus listrik.



Gambar 1.14 Gerakan magnet relatif terhadap kumparan menghasilkan gaya gerak listrik seperti yang ditunjukkan pada gambar. Hasil yang gaya menunjukkan gaya gerak listrik dihasilkan jika kumparan bergerak relatif terhadap magnet. Gerakan dengan kecepatan yang besar menghasilkan nilai ggl yang lebih besar dan ggl bernilai nol jika tidak ada gerakan. (OpenStax College, Paul, Roger, p.815)

Percobaan Faraday menunjukkan adanya perubahan medan magnet yang dapat menghasilkan arus listrik. Hal yang mendasari arus listrik dapat mengalir adalah adanya gaya gerak listrik atau biasa disebut GGL. Arus listrik merupakan hasil dari gaya gerak listrik dengan mengubah medan magnet. Gaya gerak listrik merupakan induksi pada kumparan ketika batang magnet didorong dan di tarik dari kumparan. Gaya gerak listrik yang berlawanan tanda dihasilkan dari gerakan yang berlawanan. Sebuah kumparan diputar dalam sebuah medan magnet akan menghasilkan arus bolak balik.

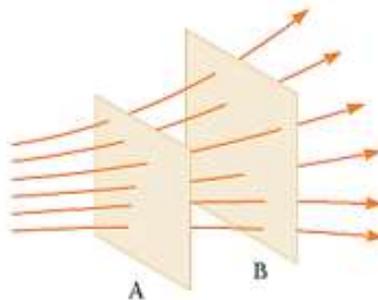
Medan listrik pada suatu wilayah dari ruang mengikuti aturan sebagai berikut:



Gambar 1.15 hubungan garis medan listrik dan vektor medan listrik. (Cutnell, Johnson, 2012, p.546)

1. Medan listrik vektor \vec{E} bersinggungan dengan garis medan listrik pada setiap titik. Garis tersebut memiliki arah, ditunjukkan dengan panah, yang sama seperti vektor medan listrik. Arah garis menunjukkan bahwa gaya pada muatan uji positif ditempatkan dari dalam bidang.

2. Jumlah baris per satuan luas melalui permukaan tegak lurus terhadap garis sebanding dengan besarnya medan listrik di wilayah itu. Oleh karena itu, garis-garis medan yang berdekatan memiliki medan listrik yang kuat dan garis-garis medan yang terpisah jauh memiliki medan listrik yang lemah. Semakin rapat garis-garis medan listrik yang

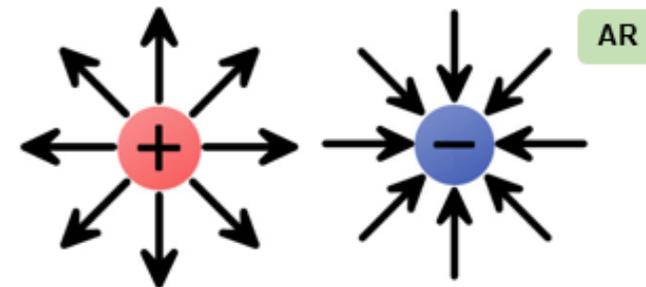


Gambar 1.16 garis-garis medan listrik yang menembus dua permukaan. (Serway, Jewett, 2010, p.675)

melewati suatu penampang, maka semakin besar medan listriknya, dan sebaliknya, semakin renggang garis-garis medan listrik yang melewati suatu penampang, maka semakin kecil medan listriknya.

Pada gambar 1.16 Kepadatan garis medan melalui permukaan A lebih besar dari kepadatan garis medan melalui permukaan B. Oleh karena itu, besarnya medan listrik, lebih besar di permukaan A dari pada di permukaan B. Selanjutnya, karena garis di tempat yang berbeda titik dalam arah yang berbeda, maka besarnya medan listrik tidak seragam.

Untuk merepresentasikan garis medan listrik yang di sebabkan oleh muatan ion positif tunggal ditunjukkan pada gambar 1.17 a. Ini menunjukkan penggambaran dalam bentuk dua dimensi.



Gambar 1.17 Garis-garis medan listrik. Perhatikan bahwa gambar menunjukkan garis medan yang terletak dalam bidang 2 dimensi. Gambar 1.16a. Untuk ion positif, garis-garis medan mengarah ke luar secara radial. Gambar 1.16b. Untuk ion negatif, garis-garis medan mengarah ke dalam secara radial. (<https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-electricity/electric-fields>)

Garis medan sebenarnya mengarah radial keluar dari muatan ion tunggal ke segala arah bukan datar seperti "roda" garis yang ditampilkan, namun Anda harus membayangkan distribusi berbentuk bola keseluruhan baris. Karena ion uji positif

ditempatkan di bidang akan ditolak oleh ion sumber positif, garis akan diarahkan secara radial jauh dari ion sumber positif. Garis-garis medan listrik yang mewakili medan disebabkan oleh muatan ion negatif tunggal mengarah ke dalam muatan (Gambar 1.17b).

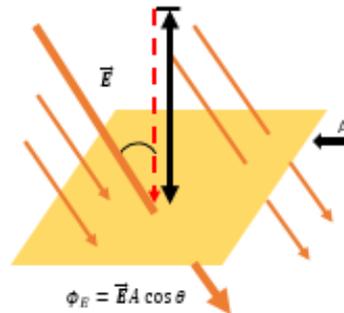
Perhatikan bahwa garis-garis menjadi lebih dekat ketika mereka mendekati muatan, hal itu menunjukkan bahwa kekuatan meningkat pada bidang yang bergerak menuju muatan sumber.

Aturan untuk menggambar garis medan listrik adalah sebagai berikut:

- Garis-garis harus dimulai pada muatan positif dan berakhir pada muatan negatif. Dalam kasus kelebihan satu jenis muatan, beberapa baris akan memulai atau mengakhiri jauh jauh.
- Jumlah garis yang ditarik meninggalkan muatan positif atau mendekati muatan negatif sebanding dengan besarnya muatan.
- Tidak ada dua garis medan bisa menyeberang.

Muatan ion positif membentuk garis-garis medan listrik yang mengarah radial keluar sehingga akan membentuk seperti sebuah bola. Garis-garis medan tersebut merupakan jari-jari bila direpresentasikan seperti bola. Karena garis-garis medan listrik dari muatan ion positif memiliki jari-jari yang mengarah radial keluar, maka medan listrik merupakan besaran vektor. Bila muatan ion negatif dengan muatan uji dengan besar muatan yang sama dan diukur pada jarak yang sama, akan membentuk garis-garis medan radial yang membentuk seperti bola.

1.4 FLUKS MEDAN LISTRIK



Gambar 1.18 Flux magnet. (OpenStax Collage Bill, Gates, 816)

Flux berasal dari bahasa latin yang berarti aliran. Flux medan listrik diberi lambang ϕ . Perhatikan gambar 1.18, garis-garis vektor medan listrik yang melewati luas permukaan A dinamakan flux medan listrik.

Jika kita menganggap garis vektor medan listrik yang masuk ke luas permukaan A bermuatan negatif, maka garis medan listrik yang keluar bermuatan positif. Sehingga total garis vektor medan listrik yang keluar dan masuk adalah nol.

Jika vektor medan listrik tegak lurus melewati luas permukaan A , persamaannya menjadi,

$$\phi_E = \vec{E}A$$

Sedangkan, jika vektor medan listrik membentuk sudut, maka persamaannya menjadi sebagai berikut

$$\phi_E = \vec{E}A \cos \theta$$

Dimana \vec{E} merupakan vektor medan listrik di wilayah dengan luasan A , dengan sudut θ tegak lurus terhadap permukaan bidang seperti pada gambar 1.18.

Jika luas permukaan A membentuk bola, yang merupakan distribusi medan listrik berbentuk radial seperti bola, maka besar medan listrik \vec{E} pada jarak r dari muatan adalah $= kq/r^2$, dengan konstanta $k = 1/4\pi\epsilon_0$ dimana ϵ_0 merupakan permisivitas ruang bebas. Luas permukaan area A adalah $4\pi r^2$ dan besar medan listrik dapat ditulis dengan persamaan $\vec{E} = q/(A\epsilon_0)$ atau

Hukum Gauss untuk muatan titik

$$\vec{E} A = \frac{q}{\epsilon_0} \quad 1.2$$

↑

Fluk listrik

$$\phi_E = \sum (\vec{E} \cos \phi) \Delta A = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Keterangan:

ϕ_E = Fluks Listrik N.m²/C

\vec{E} = Medan Listrik (N/C)

A = Luas permukaan area A (m²)

q = Muatan listrik (Coulomb)

ϵ_0 = Permisivitas Ruang Bebas

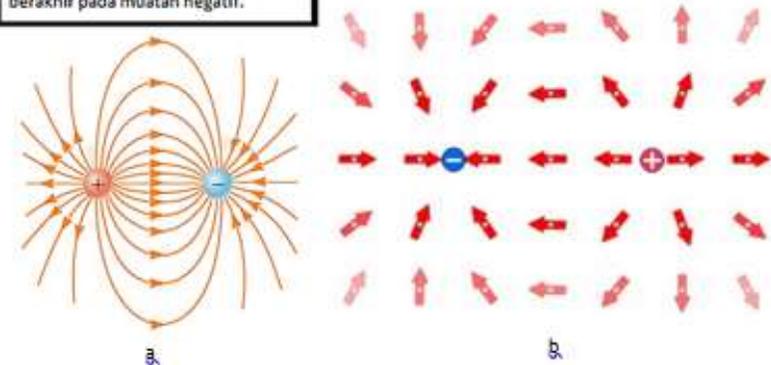
1.5 INTERAKSI ANTAR MUATAN LISTRIK

Misalkan beberapa lembar kertas kecil diletakkan di atas meja dan balon dibawa mendekat dan dipegang di atas potongan-potongan kertas, maka kehadiran balon yang bermuatan bisa mengangkat potongan kertas dari meja.

Ada dua jenis benda bermuatan listrik benda yang mengandung lebih banyak proton daripada elektron dikatakan bermuatan positif dan yang mengandung proton lebih sedikit daripada elektron dikatakan bermuatan negatif.

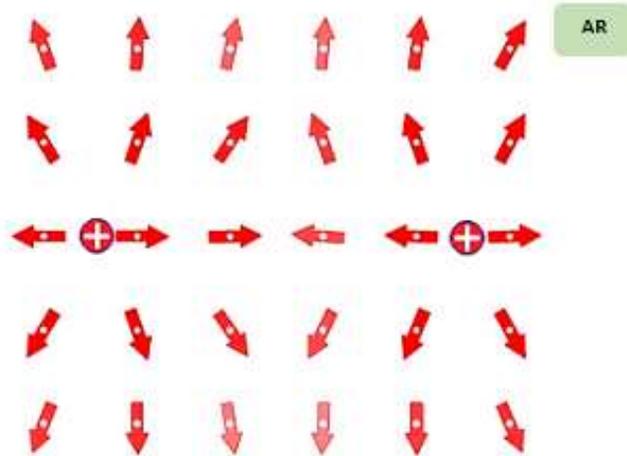
AR

Jumlah garis medan meninggalkan muatan positif sama dengan jumlah berakhir pada muatan negatif.



Gambar 1.18.a Garis-garis medan listrik untuk dua muatan titik besarnya sama dan berlawanan tanda (dipol listrik) (Serway, Jewett, 2010, p.676). Gambar 1.18b Garis-garis medan listrik dua muatan ion positif dan negatif (Phet Simulation).

Berbeda dengan daya tarik antara dua benda dengan muatan yang berlawanan, dua benda yang memiliki muatan sama akan saling tolak menolak. Artinya, benda bermuatan positif akan menggunakan kekuatan gaya tolak pada benda bermuatan positif



Gambar 1.19. Garis-garis medan listrik untuk dua muatan ion positif. (Simulasi Phet)

kedua. Kekuatan gaya tolak ini akan mendorong kedua benda itu terpisah. Demikian pula, objek bermuatan negatif akan menggunakan kekuatan gaya tolak pada benda bermuatan negatif kedua. Objek dengan muatan seperti saling tolak menolak.

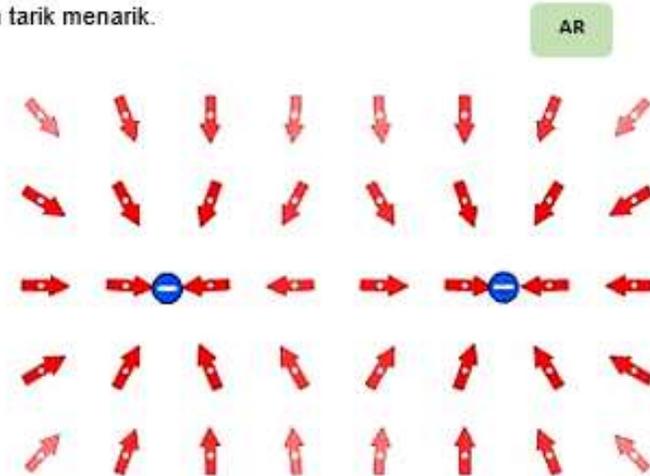
Garis-garis medan listrik untuk dua muatan titik yang sama besarnya tapi tanda-tanda berlawanan ditunjukkan pada Gambar 1.18. Karena muatan yang besarnya sama, jumlah baris yang dimulai pada muatan positif harus sama dengan jumlah baris yang berakhir pada muatan negatif. Pada titik yang sangat dekat dengan muatan, garis hampir radial. Garis-garis dengan kerapatan yang tinggi antara muatan menunjukkan wilayah medan listrik yang kuat.

Gambar 1.19 menunjukkan garis-garis medan listrik di sekitar dua muatan ion positif yang sama. Garis hampir radial pada titik-titik yang dekat dengan muatan ion positif, dan jumlah yang

sama dari garis muncul dari setiap muatan karena muatan yang sama besarnya. Karena tidak ada muatan negatif yang cenderung menarik muatan positif, maka garis-garis medan listrik menjauh.

Ion positif dan ion negatif akan memberikan medan listrik. Ion negatif medan listriknya mengarah ke dalam secara radial, sehingga lebih cenderung menarik medan ion positif disekitarnya. Ion positif arah medannya keluar, sehingga cenderung menolak ion positif disekitarnya seperti pada gambar 1.5.2.

Hal ini menyebabkan ion positif jika didekatkan dengan ion positif akan tolak menolak sedangkan ion negatif dengan ion positif akan tarik menarik.



Gambar 1.20. Garis-garis medan listrik untuk dua muatan ion negatif. (Simulasi Phet)

1.6. GAYA LISTRIK (GAYA COULOMB)

Muatan listrik memberikan gaya pada muatan listrik yang lain. Setelah mempelajari mengenai muatan, medan listrik, garis-garis medan listrik, kita dapat menyimpulkan bahwa gaya listrik berpengaruh dengan jarak (r) antara kedua muatan. Pada pembahasan medan listrik, semakin dekat jarak antar kedua muatan, maka medan listrik semakin kuat, sebaliknya jika semakin jauh jarak antara kedua muatan maka medan listrik semakin melemah. Garis-garis yang dekat antara kedua muatan hampir radial memiliki kerapatan yang sangat besar, sehingga memiliki medan listrik yang besar dan kuat. Sehingga gaya listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan muatan, dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan.

Fisikawan Prancis Charles Coulomb (1736-1806) menyelidiki gaya listrik pada tahun 1780-an. Pada percobaan, Coulomb menyimpulkan bahwa gaya yang diberikan satu benda bermuatan pada muatan kedua sebanding dengan hasil kali besar muatan benda pertama Q_1 dengan besar muatan benda kedua Q_2 , dan berbanding terbalik dengan terhadap kuadrat jarak r di antaranya. Persamaan hukum Coulomb dituliskan sebagai berikut

$$\vec{F} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad 1.3$$

Keterangan :

\vec{F} : Gaya Coulomb (N) Q_1 : Muatan pada benda 1 (C)

Q_2 : Muatan pada benda 2 (C) r : Jarak antara muatan (m)

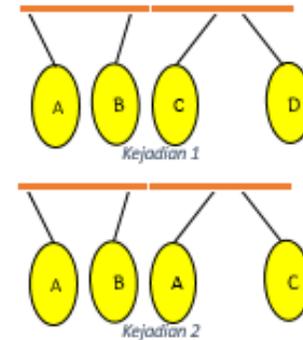
k_c : Konstanta perbandingan ($8,988 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2 = 9,0 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$)

CEK PEMAHAMAN ANDA

Gunakan pemahaman anda tentang muatan untuk menjawab pertanyaan berikut.

1. Kekuatan listrik.....
 - A. Dapat menyebabkan objek hanya saling tarik menarik
 - B. Dapat menyebabkan objek hanya saling tolak menolak
 - C. Dapat menyebabkan abjek saling tarik-menarik dan tolak menolak
 - D. Tidak berpengaruh pada objek

2. Pada dua kejadian, interaksi muatan berikut antara balon A, B dan C diamati. Dalam setiap kasus, diketahui bahwa balon B bermuatan negatif. Berdasarkan pengamatan ini, apa yang dapat Anda simpulkan tentang muatan pada balon A dan C untuk setiap situasi.



Gambar 1.21 Kejadian interaksi muatan

Kejadian 1

Objek	Berikan kesimpulanmu tentukan muatan -, + atau netral
A	
B	Negatif
C	

Kejadian 2

Objek	Berikan kesimpulanmu tentukan muatan -, + atau netral
A	
B	Negatif
C	

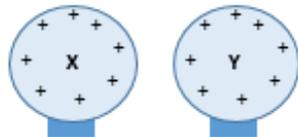
3. Seorang anak sedang menyelidiki muatan pada beberapa benda dan membuat temuan sebagai berikut.

Objek C	Objek D	Objek E	Objek F
Menarik B	Mengusir C	Menarik D Mengusir F	Menarik A

Diketahui bahwa objek A bermuatan negatif dan objek B bersifat netral. Identifikasi agar dapat menyimpulkan jenis muatan pada objek C, D, E, dan F? Jelaskan!

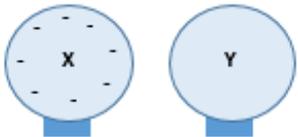
Jawaban:

4. Dua benda dibebankan seperti yang ditunjukkan di sebelah kanan. Objek X akan ____ objek Y
 A. Menarik
 B. Menolak
 C. Tidak mempengaruhi



Gambar 1.22 Interaksi muatan

5. Dua benda ditampikan di sebelah kanan. Yang satu netral dan yang lainnya negatif. Objek X akan ____ objek Y
 A. Menarik
 B. Menolak
 C. Tidak mempengaruhi



Gambar 1.23 Interaksi muatan

6. Perhatikan beberapa garis medan listrik berikut ini. Tentukan manakah yang menunjukkan garis medan listrik yang tidak benar? Jelaskan mengapa garis medan listrik tersebut tidak benar.

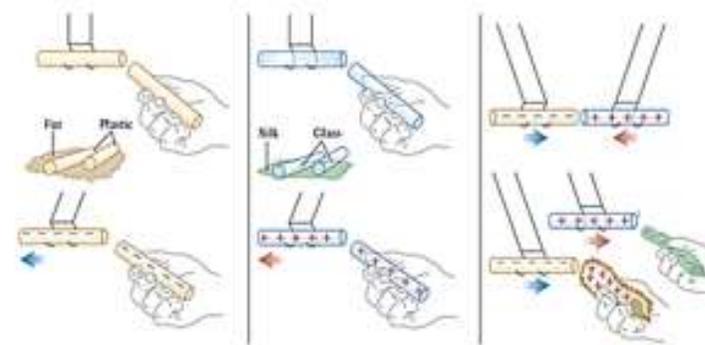


A B C D E

1.7 CONTOH GAYA LISTRIK

Batang plastik dan bulu sangat baik untuk menunjukkan interaksi muatan listrik. Pada Gambar 1.24a, untuk mengisi dua batang plastik dengan muatan yaitu dengan menggosokkan keduanya pada bulu. Terlihat bahwa batang saling tolak menolak.

Ketika menggosok batang kaca dengan sutra (Gambar 1.24b, tengah), batang kaca juga menjadi bermuatan dan saling tolak menolak. Tapi batang plastik bermuatan menarik muatan pada batang kaca (Gambar 1.24c). Selanjutnya, batang plastik dan bulu menarik satu sama lain, dan batang kaca dan sutra yang menarik satu sama lain (Gambar 1.24c).



Gambar 1.24a. Interaksi antara dua plastik yang telah digosok dengan bulu, 1.24b. Interaksi antara dua batang gelas yang telah digosok dengan sutra, 1.24c. Interaksi antara objek yang muatannya saling tolak menolak. (Sevix, Zemansky's, Hugh O Young, 2012, p.546)

Elektroskop

Sebuah benda logam bermuatan ion negatif jika didekatkan ke benda logam yang tidak bermuatan (netral), jika keduanya bersentuhan, maka muatan ion negatif yang berlebih pada benda bermuatan akan menarik beberapa muatan ion positif pada benda netral, sehingga kedua benda saling tarik menarik dan pada akhirnya akan memiliki muatan yang berjenis sama.



Gambar 1.25 Elektroskop

Sumber: <https://goo.gl/images/GF6FXC>

Jika benda yang bermuatan ion negatif atau disebut juga kelebihan ion negatif didekatkan ke bola konduktor maka akan terjadi pemisahan muatan yang diinduksi dari benda tersebut. Hal tersebut menyebabkan muatan ion positif akan tertarik keatas ke arah bola konduktor, dan membuat keping-keping saling tolak menolak.

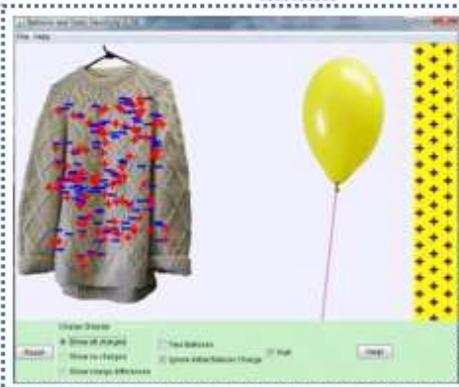
Sekarang, apa yang terjadi jika sebuah benda bermuatan ion positif didekatkan dengan sebuah batang logam netral? Kemukakan analisismu!



1.8 KEGIATAN PENGAMATAN LISTRIK STATIS

AR

Amatilah video simulasi berikut!



Gambar 1.26 Video simulasi interaksi muatan listrik (Phet Simulation)

Buatlah analisa berdasarkan tayangan video disamping!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut berdasarkan hasil pengamatan video tersebut!

1. Semua benda terbuat dari atom, di mana setiap atom biasanya memiliki jumlah elektron dan proton yang sama. Muatan listrik positif (proton) dan muatan negatif (elektron) saling menetralkan. Tapi, apa yang terjadi jika keseimbangan ini terganggu?

Jawaban:

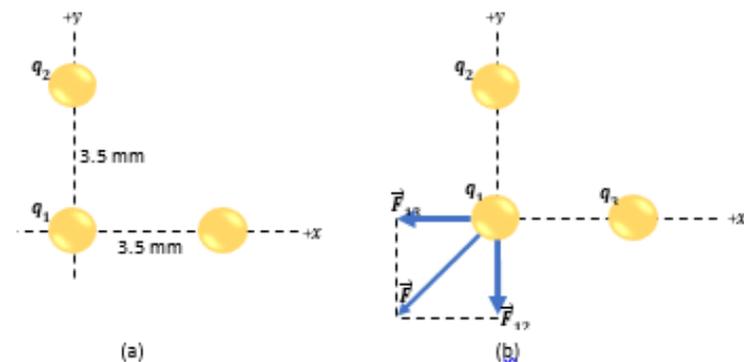
2. Mengapa balon menjadi bermuatan negatif setelah balon digosok dengan kain?

Jawaban:

Contoh Soal 1

1. Vektor pada Gaya Listrik

Tiga buah muatan bola logam yang identik $-12\mu\text{C}$, $+4.0\mu\text{C}$, dan $+2.0\mu\text{C}$ ditunjukkan seperti pada gambar berikut. Bola muatan saling bersentuhan satu sama lain, lalu terpisah dan menempati sumbu x dan y seperti pada gambar. Berapakah total gaya listrik? (besar dan arah). Anggap bola muatan seperti partikel.



Gambar 1.27 (a) Tiga muatan identik terletak pada sumbu x dan y. (b) Gaya total yang diberikan pada q_1 oleh dua muatan lainnya adalah \vec{F} .

Seperti yang kita ketahui, bahwa $q_1 = q_2 = q_3 = -2.0\mu\text{C}$ setelah bola saling bersentuhan dan terpisah satu samalain, kita bisa menentukan gaya q_2 dan q_3 menggunakan q_1 . Besarnya kekuatan \vec{F}_{12} yang diberikan pada q_1 oleh q_2 diberikan oleh hukum Coulomb,

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2) (2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}$$

$$= 2.9 \times 10^3 \text{ N}$$

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, besarnya gaya \vec{F}_{13} yang diberikan pada q_1 oleh q_2 memiliki nilai yang sama dengan \vec{F}_{12} , dan, demikian $\vec{F}_{33} = 2.9 \times 10^3 N$. Karena gaya \vec{F}_{12} dan \vec{F}_{13} saling tegak lurus satu sama lain (lihat Gambar b), pada dasarnya, komponen dari gaya total. Oleh karena itu, kita dapat menggunakan teorema Pythagoras untuk menemukan besaran F dari gaya total:

$$F = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2} = \sqrt{(2.9 \times 10^3 N)^2 + (2.9 \times 10^3 N)^2} = 4.1 \times 10^3 N$$

Sudut arah θ bahwa gaya totalnya dibuat dengan sumbu x (lihat bagian b gambar).

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{F_{12}}{F_{13}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2.9 \times 10^3 N}{2.9 \times 10^3 N} \right) = 45^\circ$$

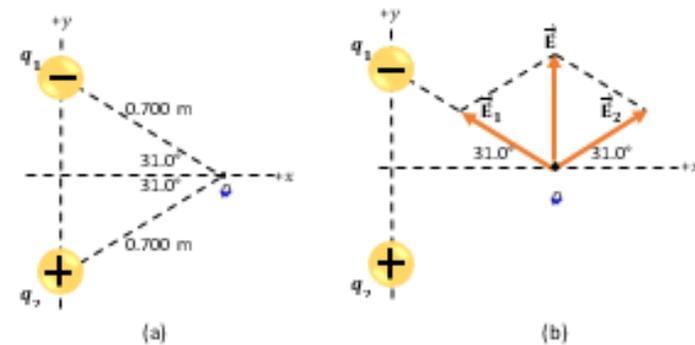
Contoh Soal 2

2. Mengenal Medan Listrik

Dua muatan titik tergeletak pada sumbu y pada Gambar a; $q_1 = -4.00 \mu C$ dan $q_2 = +4.00 \mu C$. Mereka berjarak sama dari titik P, yang terletak pada sumbu x.

a) Berapakah medan listrik di titik P?

b) Objek kecil bermuatan $q_0 = +8.00 \mu C$ dan massa $m = 1.20 g$ ditempatkan di titik P. Ketika dilepaskan, berapakah percepatannya?



Gambar 1.28 (a) Dua muatan q_1 dan q_2 menghasilkan medan listrik pada titik P. (b) Medan listrik \vec{E}_1 dan \vec{E}_2 menambah medan listrik total \vec{E} .

Solusi:

a) Besar medan listrik yang dihasilkan q_1 dan q_2 di titik P

$$E_1 = \frac{k |q_1|}{r_1^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2)(4.00 \times 10^{-6} C)}{(0.700 m)^2} = 7.34 \times 10^4 N/C$$

$$E_2 = \frac{k |q_2|}{r_2^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2)(4.00 \times 10^{-6} C)}{(0.700 m)^2} = 7.34 \times 10^4 N/C$$

Komponen x dan y pada medan dan total medan \vec{E} ditunjukkan dalam tabel berikut

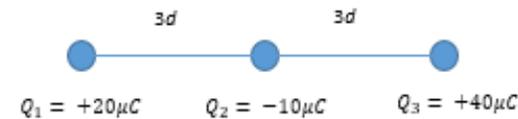
Medan Listrik	Komponen x	Komponen y
\vec{E}_1	$-\vec{E}_1 \cos 31.0^\circ = -6.29 \times 10^4 \text{ N/C}$	$-\vec{E}_1 \sin 31.0^\circ = +3.78 \times 10^4 \text{ N/C}$
\vec{E}_2	$+\vec{E}_2 \cos 31.0^\circ = +6.29 \times 10^4 \text{ N/C}$	$+\vec{E}_2 \sin 31.0^\circ = +3.78 \times 10^4 \text{ N/C}$
\vec{E}	$\vec{E}_x = 0 \text{ N/C}$	$\vec{E}_y = +7.56 \times 10^4 \text{ N/C}$

Total medan listrik hanya dimiliki sepanjang sumbu y, maka

$$\vec{E} = +7.56 \times 10^4 \text{ N/C, sepanjang sumbu } +y$$

Contoh Soal 3

3. Perhatikan gambar berikut!

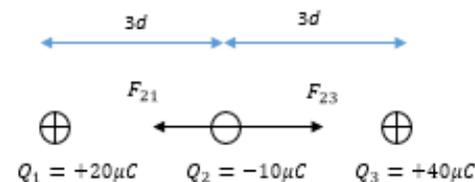


Gambar 1.29 Tiga muatan listrik

Ketiga muatan listrik Q_1 , Q_2 , dan Q_3 adalah segaris. Bila jarak $d = 20 \text{ cm}$, maka besar dan arah gaya Coulomb yang bekerja pada muatan Q_2 adalah... ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$, $1 \mu = 10^{-6} \text{ C}$)

Pembahasan:

Tiga muatan listrik Q_1 , Q_2 , dan Q_3 segaris dengan $d = 20 \text{ cm} = 2 \times 10^{-1} \text{ m}$. Gaya-gaya yang bekerja pada Q_2 karena muatan Q_1 , yaitu F_{21} , dan karena muatan Q_3 , yaitu F_{23} , ditunjukkan dalam sketsa di bawah ini.



Tetapkan arah mendatar ke kanan sebagai arah + (positif), maka resultan gaya pada Q_2 adalah:

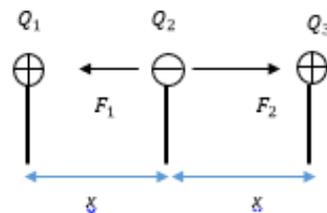
$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{-kQ_2Q_1}{(3d)^2} + \frac{+kQ_2Q_3}{(3d)^2} \\
 &= \frac{kQ_2}{9d^2}(-Q_1 + Q_3) \\
 &= \frac{9 \times 10^9(10 \times 10^{-6})(-20 \times 10^{-6} + 40 \times 10^{-6})}{(3 \times 2 \times 10^{-1})^2} \\
 &= \frac{10^4(20 \times 10^{-6})}{4 \times 10^{-2}} \\
 &= \frac{5 \times 10^{-2}}{10^{-2}} = 5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tanda positif menunjukkan arah gaya resultan pada muatan Q_2 adalah ke kanan menuju Q_3 .

4. Sistem dengan 3 muatan bebas

Sistem dengan 3 muatan bebas sama besar diletakkan seimbang seperti gambar. Jika Q_3 digeser $\frac{1}{3}x$ mendekati Q_2 , maka perbandingan besar gaya Coulomb $F_2:F_1$ menjadi...

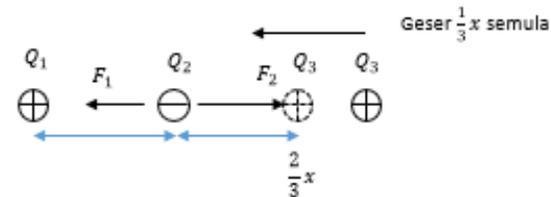


Gambar 1.30 3 muatan bebas.

Pembahasan:

Lihat gambar soal, sistem seimbang sehingga

$$F_1 = F_2 \rightarrow \frac{kQ_1Q_2}{x^2} = \frac{kQ_2Q_3}{x^2} \rightarrow Q_1 = Q_3$$



Jika Q_1 digeser $\frac{1}{3}x$ mendekati Q_2 , maka $r_1 = x$ tetap dan

$r_2 = x - \frac{1}{3}x = \frac{2}{3}x$ seperti pada gambar sketsa diatas.

$$F_1:F_2 = \frac{kQ_1Q_2}{x^2} : \frac{kQ_2Q_3}{\left(\frac{2}{3}\right)^2} = \frac{1}{x^2} : \frac{4x^2}{9} = 4:9$$

Jadi $F_1:F_2 = 9:4$

5. Medan Listrik

Contoh 1

Muatan uji positif ditunjukkan pada gambar 2.1.3 adalah $q_0 = +3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ dan mengalami gaya $\vec{F} = 6.0 \times 10^{-8}$ dalam arah yang ditunjukkan pada gambar 2.1.3. (A) Tentukan gaya per coulomb yang dialami muatan uji. (B) Menggunakan hasil dari bagian (a), prediksi gaya coulomb yang akan dialami jika diganti q_0 menjadi $+12 \times 10^{-8} \text{ C}$.

Jawab:

Muatan pada lingkungan memberikan gaya \vec{F} untuk muatan uji q_0 .

Gaya per coulomb yang dialami oleh muatan uji adalah $\frac{\vec{F}}{q_0}$. Jika q_0

digantikan oleh muatan q baru, maka gaya pada muatan baru ini adalah gaya per kali coulomb q.

a) Gaya per muatan coulomb

$$\frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{6,0 \times 10^{-8}}{+3,0 \times 10^{-8}} = 2,0 \text{ N/C}$$

Arah gaya per coulomb sama dengan arah gaya \vec{F} pada Gambar 2.1.3

b) Gaya Coulomb

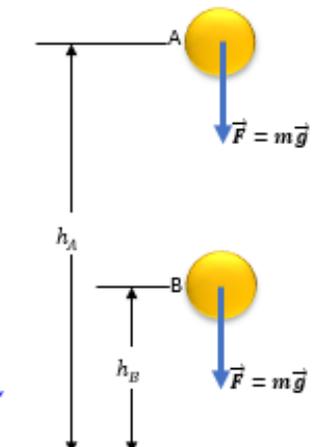
Hasil dari bagian (a) menunjukkan bahwa muatan sekitarnya dapat mengerahkan 2,0 newton gaya per coulomb muatan. Dengan demikian, muatan $+12 \times 10^{-8} \text{ C}$ akan mengalami gaya yang besarnya adalah

$$\vec{F} = (2,0 \text{ N/C})(+12 \times 10^{-8} \text{ C}) = 24 \times 10^{-8}$$

Arah gaya ini akan menjadi sama dengan arah gaya yang dialami oleh muatan uji, karena keduanya memiliki tanda positif yang sama.

1.9 Energi Potensial dan Potensial Listrik

Pada pokok bahasan sebelumnya, kita telah membahas mengenai gaya listrik statis dimana dua muatan titik saling berinteraksi satu sama lain sebesar $k|q_1||q_2|/r^2$. Persamaan gaya listrik statis ini mirip dengan persamaan gaya gravitasi dimana dua partikel saling berinteraksi satu sama lain mengikuti persamaan menurut hukum gravitasi Newton yaitu Gm_1m_2/r^2 . Kedua gaya tersebut bersifat konservatif dan energi potensial bersifat konservatif. Jadi, adanya energi potensial listrik dapat dianalogikan seperti energi potensial gravitasi. Untuk lebih memahami mengenai energi potensial listrik, kita ulas kembali mengenai energi potensial gravitasi.



Gambar 1.31 Gaya gravitasi pada bola bermassa m. Usaha dipengaruhi gaya gravitasi yang bekerja ketika bola terjatuh dari titik A ke B.

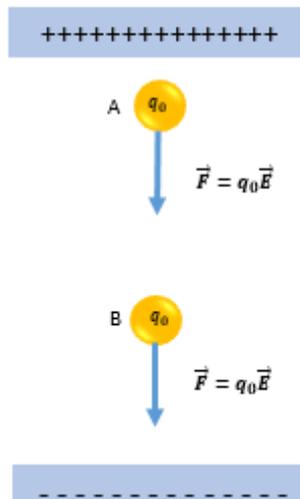
Pada gambar 1.31 menunjukkan bola basket memiliki massa m terjatuh dari titik A ke titik B. Gaya gravitasi $m\vec{g}$ merupakan satu-satunya gaya yang bekerja pada bola, dimana g merupakan besar percepatan gravitasi. Usaha pada W_{AB} dipengaruhi oleh gaya gravitasi ketika bola jatuh dari ketinggian A setinggi h_A sampai ketinggian B setinggi h_B adalah

$$W_{AB} = mgh_A - mgh_B = GPE_A - GPE_B$$

Ingat bahwa kuantitas mgh merupakan energi potensial gravitasi bola, $GPE = mgh$, dan mewakili energi yang dimiliki bola dengan posisi yang relatif terhadap permukaan bumi. Dengan demikian, usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi sama dengan energi potensial gravitasi awal dikurangi energi potensial gravitasi akhir.

Berikut ini akan dijelaskan analogi antara energi potensial listrik dengan energi potensial gravitasi. Pada gambar disamping, digambarkan muatan positif $+q_0$ yang berada pada posisi A diantara dua plat dengan muatan yang berlawanan. Karena muatan yang terdapat pada plat, sebuah medan listrik \vec{E} timbul diantara kedua plat. Akibatnya, muatan uji mengalami gaya listrik, $\vec{F} = q_0 \vec{E}$ yang mengarah ke bawah menuju ke plat bawah. (Gaya gravitasi diabaikan). Muatan bergerak dari titik A ke titik B, usaha yang dilakukan oleh gaya ini, seperti usaha yang dilakukan pada gaya gravitasi. Usaha W_{AB} yang dilakukan oleh gaya listrik sama dengan selisih antara energi potensial listrik EPE pada titik A dan energi potensial listrik pada titik B:

$$W_{AB} = EP_A - EP_B \quad 1.4$$



Gambar 1.32 karena adanya medan listrik E , gaya listrik diberikan pada muatan $+q$. Usaha adalah pemindahan muatan dari titik A ke titik B akibat perbedaan potensial antara titik A dan B.

Beda Potensial Listrik

Beda potensial listrik merupakan usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik yang bergerak dari titik A ke titik B seperti pada gambar 1.8.2 bergantung pada muatan q_0 . Jika persamaan ini dibagi dengan q_0 maka:

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q_0} = \frac{EP_A}{q_0} - \frac{EP_B}{q_0} \quad 1.5$$

Definisi energi potensial listrik

Potensial listrik V pada suatu titik tertentu merupakan energi potensial listrik EP dengan muatan uji q_0 yang kecil yang terletak pada titik tersebut dibagi dengan muatan itu sendiri

$$V = \frac{EP}{q_0} \quad 1.6$$

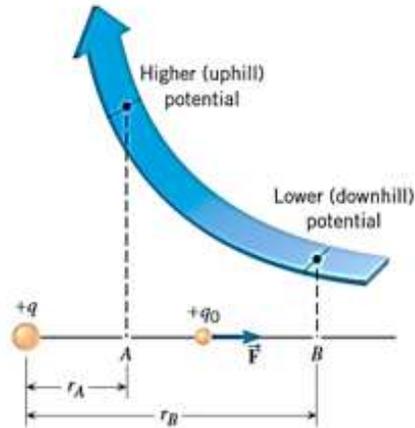
Untuk memindahkan muatan listrik yang berada dalam suatu medan listrik diperlukan usaha, usaha yang dilakukan sama besarnya dengan perubahan energi potensial listrik. Satuan internasional SI untuk potensial listrik adalah joule/coulomb, dikenal juga dengan Volt (V). Merupakan penghargaan kepada Alessandro Volta (1745-1827). Energi potensial listrik EPE dan potensial listrik tidaklah sama. Energi potensial listrik merupakan energi dengan satuan joule. Berbeda dengan potensial listrik yang merupakan energi per unit muatan dan besarnya adalah joule/coulomb atau volt. Persamaan dapat di kombinasikan menjadi

$$V_B - V_A = \frac{EP_B}{q_0} - \frac{EP_A}{q_0} = \frac{-W_{AB}}{q_0} \quad 1.7$$

$$\text{atau } \Delta V = \frac{\Delta(EP)}{q_0} = \frac{-W_{AB}}{q_0} \quad 1.8$$

Potensial Listrik pada Muatan Titik

Muatan titik positif $+q$ menimbulkan potensial listrik seperti pada gambar 1.31. Gambar ini menunjukkan dua titik A dan B yang terpisah dengan jarak r_A dan r_B dari kedua muatan. Pada posisi antara A dan B merupakan gaya tolak listrik statis \vec{F} yang bekerja pada muatan positif $+q$. Besarnya gaya dirumuskan dengan persamaan hukum Coulomb yaitu $F = kq_0q/r^2$, dimana kita asumsikan bahwa q_0 merupakan muatan positif dan q juga muatan positif. Maka dari itu $|q_0| = q_0$ dan $|q| = q$. r merupakan variabel jarak antara r_A dan r_B , F merupakan variabel gaya, usaha tidak dihasilkan dari jarak dan gaya antara kedua titik.



Gambar 1.33. Muatan uji positif $+q$ mengalami gaya tolak F jika didekatkan dengan $+q$. Hasilnya usaha yang dilakukan oleh gaya yang bekerja pada kedua buah muatan yang berpindah dari titik A ke B. Akibatnya potensial listrik tertinggi pada titik A dan potensial rendah pada titik B. (Cutnell, Johnson, 2012, p. 571)

$$W_{AB} = k \frac{qq_0}{r_A} - k \frac{qq_0}{r_B} \quad 1.9$$

$$\text{atau } V_B - V_A = -\frac{W_{AB}}{q_0} = \frac{kq}{r_B} - \frac{kq}{r_A} = kqq' \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

$$(EP)_B - (EP)_A \quad 1.10$$

Dalam hal ini energi potensial bertanda negatif, artinya semakin jauh dari muatan listrik yang menimbulkan medan listrik maka semakin besar energi potensialnya.

Apabila titik A selalu menjauh dari muatan q , maka r_A akan bertambah besar dan semakin besar. Jika nilai r_A mendekati tak hingga persamaan kq/r_A bernilai nol, maka V_A adalah nol.

Maka persamaannya akan menjadi

$$V = (EP)_B - (EP)_A$$

$$V = (EP)_B - 0 = kqq' \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{\infty} \right) = k \frac{qq'}{r_B}$$

Sehingga persamaan ini menjadi;

$$E_p = k \frac{qq'}{r_B} \quad 1.11$$

Dengan:

E_p = energi potensial listrik di suatu titik P dalam medan listrik (Joule)

k = Konstanta = $9 \times 10^9 N m^2 C^{-2}$

q = muatan listrik yang menimbulkan medan listrik

q' = muatan listrik penguji

r = jarak titik P ke muatan q

Dari pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa energi potensial listrik pada suatu titik (P) dalam medan listrik didefinisikan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik (q') dari jarak yang jauh tak terhingga ke titik tersebut.

Potensial listrik merupakan besaran skalar. Potensial listrik pada suatu titik dalam medan listrik yang berjarak r dari muatan q dinyatakan dengan persamaan:

$$V_p = \frac{E_p}{q'} = k \frac{q}{r} \quad 1.12$$

$$\text{atau } E_p = qV \quad 1.13$$

keterangan:

V_p = potensial listrik di titik P (Joule/Coulomb = volt)

E_p = energi potensial listrik (Joule)

q = muatan listrik yang menimbulkan medan (Coulomb)

r = Jarak titik P dari q

k = Konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$

1.10 KAPASITOR

A. Kapasitas Kapasitor

Kapasitor adalah perangkat yang menyimpan energi potensial listrik dan muatan listrik. Misalnya, lampu kilat pada kamera memerlukan ledakan singkat dengan daya yang jauh lebih besar daripada yang diberikan baterai kamera. Lampu kilat ini didukung oleh sebuah kapasitor, yang menyimpan energi dari baterai dan mengirimkannya saat dibutuhkan. Kapasitor juga digunakan dalam unit penyimpanan energi pada chip komputer yang menyimpan informasi, dalam rangkaian sirkuit yang berguna untuk meningkatkan efisiensi jalur transmisi tenaga.

AR

Pembahasan mengenai kapasitor akan membantu kita untuk memahami perilaku medan listrik dan interaksinya.

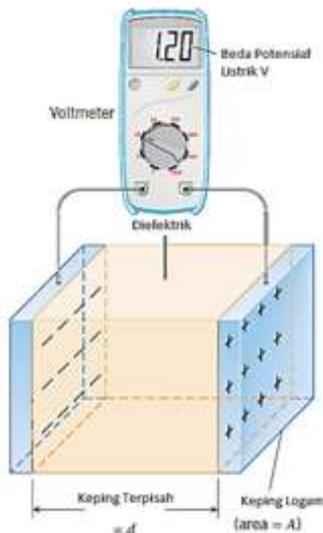
Gambar 1.10.1 merupakan contoh beberapa kapasitor komersial.



Gambar 1.34. Beberapa kapasitor komersial dan pemanfaatan kapasitor
Sumber: <http://www.blogkamarku.com/2016/06/elektronika-dasar-mengetahui-apa-itu.html>

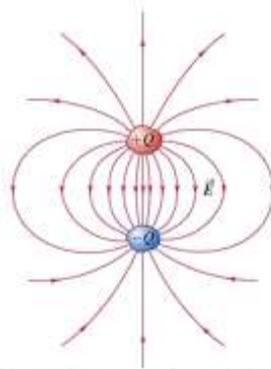
Kapasitor merupakan dua pelat logam yang diletakkan sejajar dekat satu sama lain tetapi tidak saling bersentuhan yang dipisahkan oleh ruangan vakum atau bahan isolator. Secara umum kapasitor tersusun atas dua konduktor yang diletakkan sejajar.

tanpa saling bersentuhan. Wilayah diantara kedua plat sejajar atau konduktor diisi oleh bahan isolator listrik yang disebut dielektrik.



Gambar 1.34. Keping kapasitor yang disusun sejajar terdiri dari dua keping salah satunya membawa muatan +q dan yang lainnya -q. Potensial keping positif melebihi keping negatif dengan jumlah V. Wilayah antara dua keping sejajar diisi oleh bahan dielektrik (Cutnell & Johnson, 2012, p.579)

Sebuah kapasitor bila dihubungkan dengan sumber tegangan listrik maka dalam kapasitor tersebut akan menyimpan muatan listrik. Masing-masing plat kapasitor membawa muatan dengan besar yang sama, yang satu bermuatan positif dan yang satu lagi negatif seperti pada gambar 1.10.3. Proses pengisian



Gambar 1.10.2 Dua konduktor yang dipisahkan oleh vakum atau bahan isolasi membentuk sebuah kapasitor. (Sears, Zemansky's, Hugh.D Young, 2012, p.595)

Bila muatan dengan besaran yang sama dan tanda berlawanan ditempatkan pada konduktor, medan listrik terbentuk di wilayah antara konduktor, dan ada perbedaan potensial di antara keduanya seperti pada gambar 1.10.2.

Sebuah kapasitor bila dihubungkan dengan sumber

muatan pada kapasitor umumnya berlangsung singkat dan ketika dalam keadaan tunak atau kapasitor terisi muatan maksimum, maka tidak ada pengisian muatan lagi dan tidak ada aliran arus listrik. Kemampuan kapasitor dalam menyimpan energi disebut kapasitas kapasitor yang diberi lambang C.

Besar muatan q pada masing-masing plat yang tersimpan pada sebuah kapasitor berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua plat, secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$q = VC$$

$$\text{atau } C = \frac{q}{V} \quad 1.14$$

keterangan

C = kapasitas kapasitor (farad = F)

q = muatan listrik yang tersimpan dalam kapasitor (Coulomb =C)

V = beda potensial antara dua plat kapasitor (volt)

Sementara itu, energi yang tersimpan dalam kapasitor memenuhi persamaan :

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad 1.15$$

B. RANGKAIAN KAPASITOR

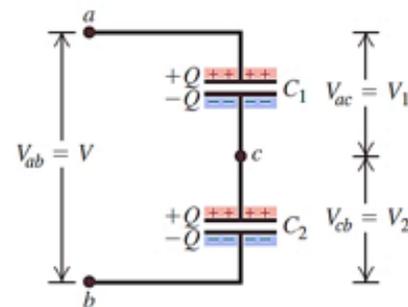
Kapasitor diproduksi dengan kapasitansi standar dan voltase kerja tertentu. Namun, nilai standar ini mungkin bukan yang sebenarnya Anda butuhkan dalam rangkaian listrik tertentu. Anda bisa mendapatkan nilai yang Anda butuhkan dengan menggabungkan kapasitor, kombinasi yang paling sederhana

adalah dengan menyusunnya secara seri dan paralel. Kapasitor diberi simbol



a. Rangkaian Seri Kapasitor

Pada gambar (1.35) merupakan skema rangkaian seri. Dua kapasitor yang saling terhubung dengan susunan seri antara titik *a* dan *b* dengan beda potensial V_{AB} .



Gambar 1.35 (Sears, Zemansky's, Hugh.D Young, 2012, p. 599)

Pada awalnya, kedua kapasitor tidak bermuatan. Ketika beda potensial positif V_{AB} yang dipasang antara titik *a* dan *b*, keping atas C_1 memperoleh muatan positif Q . Medan listrik pada muatan positif menarik muatan negatif dari atas ke keping bawah C_1 sampai semua garis medan berakhir di pelat bawah, seperti pada gambar (1.35) dan keping yang berada dibawah C_1 memperoleh muatan $-Q$. Muatan negatif ini harus datang dari keping atas C_2 yang menjadi muatan positif $+Q$. Muatan positif ini kemudian menarik muatan negatif $-Q$. Ketika rangkaian ini dihubungkan dengan baterai yang memiliki tegangan V_{AB} kapasitor akan terisi muatan yang sama.

Mengacu pada gambar (1.35) persamaan rangkaian kapasitor yang disusun secara seri:

$$V_{AC} = V_1 = \frac{Q}{C_1}, V_{CB} = V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$V_{AB} = V = V_1 + V_2 = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$C = \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Sehingga diperoleh kapasitansi ekuivalennya

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \text{ atau } \frac{1}{C_{eq}} = \frac{V}{Q}$$

Kombinasi dari kedua persamaan tersebut, dapat dituliskan

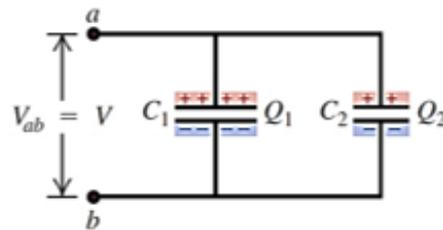
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa kapasitansi ekuivalen untuk kapasitor yang dirangkai secara seri selalu lebih kecil daripada kapasitansi terkecil dalam rangkaian seri tersebut.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots \quad 1.16$$

b. Rangkaian Paralel Kapasitor

Rangkaian paralel ditunjukkan seperti pada gambar (1.36). Dua buah kapasitor yang dihubungkan dalam rangkaian paralel antara titik a dan b .



Gambar 1.36
(Sears, Zemansky's, Hugh.D Young, 2012, p. 599)

Nilai beda potensial adalah sama pada setiap kapasitor dan persamaannya menjadi $V_{AB} = V$. Muatan Q_1 dan Q_2 yang tidak harus sama, persamaannya menjadi

$$Q_1 = C_1 V, \quad Q_2 = C_2 V,$$

Total muatannya menjadi

$$Q = Q_1 + Q_2 = V(C_1 + C_2),$$

$$\frac{Q}{V} = C_1 + C_2$$

Kapasitansi ekivalennya adalah

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

Secara umum kapasitansi ekivalen pada rangkaian paralel adalah

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots \quad 1.17$$

Berdasarkan persamaan tersebut menunjukkan bahwa kapasitansi kapasitor yang dirangkai paralel lebih besar daripada kapasitansi setiap kapasitor dalam rangkaian tersebut.

Contoh Soal 3

1. Tiga buah kapasitor dengan kapasitansi $3\mu F$, $6\mu F$, dan $12\mu F$ dirangkai secara seri dan dihubungkan dengan baterai 24 V. Tentukan :

- kapasitansi ekivalen ketiga kapasitor,
- muatan yang tersimpan dalam kapasitor, dan
- tegangan tiap kapasitor

Pembahasan:

Diketahui: $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 6\mu F$, $C_3 = 12\mu F$, dan $V = 24 V$.

- a) Kapasitansi ekivalen rangkaian seri adalah

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{4}{12} + \frac{2}{12} + \frac{1}{12} = \frac{7}{12}$$

$$\text{Sehingga } C_{eq} = \frac{12}{7} \mu F = 1,714 \mu F$$

- b) Muatan pada setiap kapasitor adalah sama yaitu

$$Q = C_{eq} V = (1,714 \mu F)(24 V) = 41,136 \mu C$$

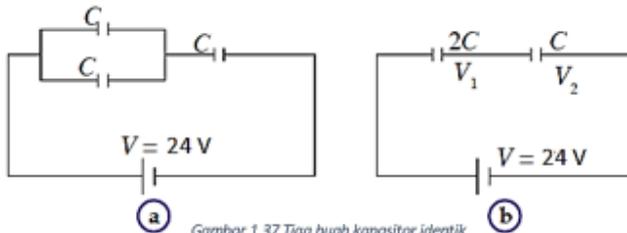
- c) Tegangan pada tiap kapasitor adalah

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{41,136 \mu C}{3\mu F} = 13,712 V$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{41,136 \mu C}{6\mu F} = 6,856 V$$

$$V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{41,136 \mu C}{12\mu F} = 3,428 V$$

2. Tiga buah kapasitor identik dengan kapasitansi C dirangkai seperti pada gambar



Gambar 1.37 Tiga buah kapasitor identik.

- Tentukan kapasitansi ekuivalen rangkaian tersebut.
- Berapakah beda potensial setiap kapasitor?

Pembahasan:

- pada gambar (a) terlihat bahwa dua kapasitor dirangkai secara parallel, kemudian seri dengan kapasitor lainnya.

Untuk kapasitor parallel

$$C + C = 2C$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{C} = \frac{1}{2C} + \frac{2}{2C} = \frac{3}{2C}$$

sehingga

$$C_{eq} = \frac{2C}{3}$$

- Dari gambar (b), karena muatan pada setiap kapasitor (2C dan C) sama, perbandingan tegangan pada kedua kapasitor tersebut adalah $V = \frac{q}{C}$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{2C} : \frac{1}{C} = 1 : 2$$

Dengan demikian tegangan pada kapasitor adalah

$$V_1 = \frac{1}{1+2} V = \frac{1}{3} (24 V) = 8 V \text{ dan } V_2 = \frac{2}{1+2} V = \frac{2}{3} (24 V) = 16 V$$

- Dua buah kapasitor identik yang mula-mula belum bermuatan akan dihubungkan dengan baterai 10 V. Jika hanya salah satu yang dihubungkan dengan baterai tersebut, energi yang tersimpan dalam kapasitor adalah... Energi yang tersimpan jika kedua kapasitor tersebut dihubungkan seri dengan baterai adalah...

Pembahasan:

Diketahui:

Dua kapasitor identik dengan kapasitansi C,

V = 10 Volt

E = energi yang tersimpan dalam sebuah kapasitor

Penyelesaian: Energi yang tersimpan dalam kapasitor memenuhi persamaan

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

Untuk tegangan tetap adalah

$E \sim C$ Ketika kedua kapasitor dengan kapasitansi C dihubungkan secara seri, maka kapasitansinya menjadi

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$$

$C_{eq} = \frac{1}{2} C$ atau setengah kali semula. Maka energi yang tersimpan menjadi setengah kali semula, $W = \frac{1}{2} E$

RANGKUMAN BAB I

1. Atom yang mengikat elektron akan bermuatan negatif disebut dengan ion negatif, sedangkan atom yang mudah melepaskan elektron maka akan bermuatan positif, disebut ion positif.
2. Gaya Coulomb atau gaya elektrostatik menyatakan bahwa gaya tarik menarik atau tolak-menolak antara dua muatan listrik berbanding lurus dengan besar setiap muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

3. Medan listrik adalah daerah di sekitar muatan yang dapat mempengaruhi muatan lain. Besaran yang digunakan untuk menyatakan medan listrik disebut kuat medan listrik (E).

$$E = \frac{F}{q_0}$$

4. Beda potensial listrik di titik B terhadap titik A didefinisikan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik dari titik A ke titik B dibagi besar muatan yang dipindahkan.

$$V_{BA} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{EP_B - EP_A}{q}$$

5. Potensial listrik pada suatu titik berjarak r dari sebuah muatan titik Q adalah

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

6. Kapasitor merupakan alat yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik atau energi listrik. Besaran yang menyatakan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan atau energi disebut kapasitansi. Nilai kapasitansi bergantung pada dimensi dan medium dalam kapasitor itu sendiri. Secara umum

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

7. Rangkaian seri kapasitor berlaku persamaan

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

8. Untuk rangkaian parallel kapasitor berlaku persamaan

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \dots$$

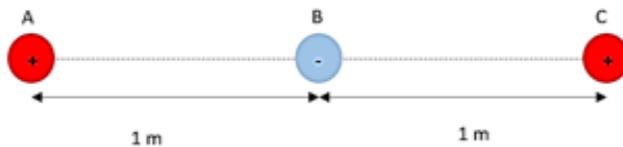
EVALUASI MATERI BAB I

1. Elektron bergerak di dalam tabung pesawat televisi dengan kecepatan 12×10^{-6} m/s. Jika massa dan muatan elektron berturut-turut 9×10^{-31} kg dan $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb, besar tegangan televisi tersebut sebesar... volt
 - A. 350
 - B. 385
 - C. 390
 - D. 405
 - E. 500
2. Gaya Coulomb akan bernilai besar jika...
 - A. kedua muatan sejenis
 - B. kedua muatan berlainan jenis
 - C. memperkecil muatan
 - D. memperkecil jarak antara kedua muatan
 - E. memperbesar jarak antara kedua muatan
3. Dua buah partikel bermuatan berjarak R satu sama lain dan terjadi gaya tarik-menarik sebesar F . Jika jarak antara kedua muatan dijadikan $8R$, tentukan nilai perbandingan besar gaya tarik-menarik yang terjadi antara kedua partikel terhadap kondisi awalnya!
 - A. $1/8F$
 - B. $1/16F$
 - C. $1/24F$
 - D. $1/32F$
 - E. $1/64F$

4. Sebuah segitiga sama sisi yang memiliki sisi a terdapat muatan q di ujung-ujung sudutnya. Apabila gaya diantara dua muatan sebesar F , besar gaya tiap-tiap sudut adalah...

- A. $2F$
 B. $F\sqrt{3}$
 C. $F\sqrt{2}$
 D. F
 E. Nol

5. Tiga buah muatan A, B dan C tersusun seperti gambar berikut!



Jika $Q_A = +1 \mu\text{C}$, $Q_B = -2 \mu\text{C}$, $Q_C = +5 \mu\text{C}$ dan $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ tentukan besar dan arah gaya Coulomb pada muatan B!

- A. $18 \times 10^{-3} \text{ N}$
 B. $36 \times 10^{-3} \text{ N}$
 C. $54 \times 10^{-3} \text{ N}$
 D. $64 \times 10^{-3} \text{ N}$
 E. $72 \times 10^{-3} \text{ N}$

6. Dua keping logam sejajar diberi muatan listrik sama besar dan berlawanan tanda. Pernyataan yang benar tentang gaya di antara dua keping adalah...

- A. berbanding terbalik dengan jarak kuadrat antara kedua keping.
 B. berbanding lurus dengan kuadrat jarak antara kedua keping.

- C. berbanding lurus dengan jarak antara kedua keping.
 D. berbanding terbalik dengan rapat muatannya.
 E. berbanding lurus dengan rapat muatannya.

7. Sebuah konduktor bola berongga bermuatan q berjari-jari r berada di udara. Nilai kuat medan listrik di dalam bola ...

- A. sama dengan nol
 B. sama dengan di luar bola
 C. sama dengan di luar permukaan bola
 D. lebih kecil daripada kuat medan listrik di luar bola
 E. lebih kecil daripada kuat medan listrik di permukaan bola

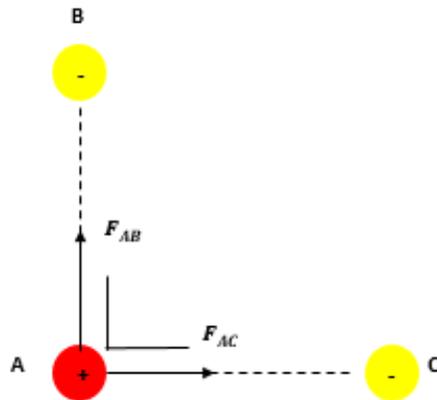
8. Sebuah titik jika dihubungkan dengan sebuah muatan pada jarak $2r$ akan menghasilkan kuat medan sebesar $2E$. Jika muatan itu bergeser $4r$, kuat medan listrik yang dihasilkannya sebesar ... N

- A. $4E$
 B. $2E$
 C. E
 D. $0,50E$
 E. $0,25E$

9. Partikel A dan B masing-masing bermuatan $+8\mu\text{C}$ dan $+32 \mu\text{C}$. Titik C terletak di antara partikel A dan B memiliki kuat medan listrik bernilai nol. Jika jarak C dengan partikel A adalah 2 cm , partikel A dengan B berjarak ... cm

- A. 2
 B. 4
 C. 6
 D. 8
 E. 10

10. 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 8 F, tentukan resultan gaya pada muatan A!

- A. $4F\sqrt{2}$
 B. $5F\sqrt{2}$
 C. $6F\sqrt{2}$
 D. $7F\sqrt{2}$
 E. $8F\sqrt{2}$
11. Kapasitas suatu kapasitor keping sejajar menjadi lebih kecil apabila...
- A. kapasitor diisi dengan bahan dielektrik dengan konstanta yang lebih besar
 B. beda tegangan kedua kepingnya diperkecil
 C. luas permukaan kedua keping diperbesar

- D. jarak antara dua kepingnya diperbesar
 E. muatan setiap keping ditambah

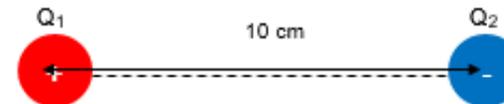
12. Perhatikan pernyataan berikut!

- 1) Kapasitas kapasitor dapat diperbesar dengan menurunkan tegangannya.
- 2) Kapasitas kapasitor berbanding terbalik dengan tebal isolatornya.
- 3) Kapasitas kapasitor bergantung pada potensial muatannya.
- 4) Kapasitas kapasitor keping sejajar berbanding lurus dengan jarak kedua keping.
- 5) Kapasitas kapasitor keping sejajar berbanding lurus dengan luas permukaan keping.

Pernyataan yang tepat ditunjukkan pada nomor ...

- A. 1) dan 2)
 B. 1) dan 3)
 C. 1) dan 4)
 D. 2) dan 4)
 E. 3) dan 5)

13. Dua buah muatan tersusun seperti gambar berikut!



Jika $Q_1 = +1\mu\text{C}$, $Q_2 = -2\mu\text{C}$ dan $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ tentukan tentukan besar dan arah kuat medan listrik pada titik P yang terletak 4 cm di kanan Q_1 !

- A. $1,6 \times 10^7 \text{ N/C}$

- B. $2,4 \times 10^7 \text{ N/C}$
 C. $3,2 \times 10^7 \text{ N/C}$
 D. $1,6 \times 10^8 \text{ N/C}$
 E. $2,4 \times 10^8 \text{ N/C}$
14. Tiga buah kapasitas berturut-turut 3 farad, 6 farad, dan 9 farad terhubung secara seri. Jika kedua ujung dari gabungan tersebut dihubungkan sumber tegangan yang besarnya 110 volt, tegangan di ujung-ujung kapasitor 3 farad adalah volt.
- A. 40
 B. 60
 C. 110
 D. 120
 E. 220
15. 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 cm. Jika kecepatan awal elektron 0 dan beda potensial antara anode dan katode 200 V, maka elektron akan sampai di anode dengan kecepatan....
- A. $2,3 \times 10^5 \text{ m/s}$
 B. $8,4 \times 10^5 \text{ m/s}$
 C. $2,3 \times 10^7 \text{ m/s}$
 D. $3 \times 10^7 \text{ m/s}$
 E. $2,4 \times 10^8 \text{ m/s}$

DAFTAR PUSTAKA

- Cutnell, Jhonson. "Physics 9 Edition." Jhon D. Cutnell, Kenneth W. Jhonson. *Physics 9 Edition*. 2012.
- Giancoli. "Physics Fifth Edition." Giancoli, Douglas C. *Fisika Edisi Kelima*. Vol. 2. Erlangga, 2001.
- Jewett, Serway. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik, 2009.
- Young, Freedman. "University Physics Tenth Edition." Hugh D. Young, Roger A. Freedman. *University Physics Tenth Edition*. Vol. 2. Bandung: Erlangga, 2000.
- Chasanah, Abadi. "Detik-Detik Ujian Nasional Fisika Tahun Pelajaran 2015/2016". Klaten: PT Intan Pariwara, 2015.

Sumber Lain

- <http://www.physicsclassroom.com/class/estatics>
<https://www.youtube.com/watch?v=l12wVw9Hns4>
<https://www.youtube.com/watch?v=0ZfxxUiuBE0>
<https://www.youtube.com/watch?v=ViZNqU-Yt-Y>

LISTRIK STATIS **LISTRIK DINAMIS**

SMA/MA
Kelas XII

Buku pelajaran ini dilengkapi dengan media augmented reality (AR) yang dirancang untuk memvisualisasikan objek 2D menjadi dalam bentuk 3D serta menambahkan komponen audio visual kedalam buku sehingga diharapkan buku ini layak digunakan dan dapat menunjang pembelajaran siswa serta dirancang untuk menunjang aktivitas mengamati, menanyai, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan.

Untuk mendukung tujuan tersebut buku ini dilengkapi dengan AR video simulasi pembelajaran, video eksperimen, video pengenalan dan pemanfaatan kapasitor, dan animasi 3 dimensi.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Bening Puspa Dewi. Lahir di Pemalang 19 Maret 1995. Anak pertama dari ketiga bersaudara dari pasangan Wahyudi dan Nurhastuti. Bertempat tinggal di Binong Permai Blok F 23 No 47 Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang.

Riwayat Pendidikan. Pendidikan dasar di SDN Karawaci 12 Tangerang. Melanjutkan pendidikan di SMPN 9 Tangerang. Kemudian melanjutkan di SMAN 7 Tangerang. Kemudian melanjutkan pendidikan di Universitas Negeri Jakarta Fakutlas MIPA dan Ilmu Pengetahuan Alam pada Program Studi Pendidikan Fisika.

Pengalaman organisasi. Penulis pernah menjabat sebagai anggota Badan Eksekutif Mahasiswa 2015 departemen pendidikan dan pengembangan teknologi (DPPT), penulis aktif menjadi asisten laboratorium fisika dasar I.

Prestasi. Juara I Poster Terbaik dalam Seminar Nasional Fisika 2015.

