

PENGEMBANGAN ANIMASI SIMULASI KOMPUTER UNTUK MEREDUKSI MISKONSEPSI PADA KONSEP INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Tenty Meilani¹⁾

¹⁾ Program Studi Pendidikan Sains, UNS

¹⁾meilani.tenty@gmail.com

Abstrak

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk: (1) memperoleh profil miskonsepsi induksi elektromagnetik yang dialami siswa; (2) mengembangkan animasi simulasi komputer konsep induksi elektromagnetik dengan langkah-langkah pengembangan media; (3) mengembangkan animasi simulasi komputer konsep induksi elektromagnetik yang memenuhi kriteria baik dilihat dari aspek materi dan aspek media; (4) mereduksi miskonsepsi konsep induksi elektromagnetik siswa melalui pembelajaran menggunakan animasi simulasi komputer.

Penelitian ini menggunakan model pengembangan (Research and Development) menurut Borg dan Gall yang lebih sederhana meliputi lima langkah utama: (1) analisis produk, (2) pengembangan produk awal, (3) validasi ahli dan revisi, (4) uji coba lapangan skala kecil dan revisi, (5) uji coba lapangan skala besar dan produk akhir. Subjek coba dalam penelitian adalah siswa kelas XII SMAK Ign Slamet Riyadi Bojonegoro. Teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah teknik wawancara, dokumentasi, tes diagnostik, dan angket analisis kebutuhan. Teknik analisis data yang digunakan adalah angket rating scale kemudian menghitung prosentase kelayakan untuk mengetahui kriteria produk yang dikembangkan serta melakukan analisis miskonsepsi induksi elektromagnetik.

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa: (1) sebanyak 25,31% siswa terdiagnosa miskonsepsi. Profil miskonsepsi konsep induksi elektromagnetik: (a) jumlah lilitan mempengaruhi besarnya fluks magnetik; (b) perubahan fluks magnetik saat kumparan memasuki medan magnet adalah positif, saat di dalam medan magnet adalah nol dan saat meninggalkan medan magnet adalah negatif; (c) ggl induksi yang dihasilkan pada suatu kumparan yang bergerak memasuki medan magnet bertambah, saat di dalam medan magnet tetap dan saat meninggalkan medan magnet nilainya berkurang; (d) grafik hubungan ggl induksi terhadap waktu disamakan dengan grafik hubungan fluks magnetik terhadap waktu; (e) adanya kontak antara fluks magnetik dan kumparan luar mengakibatkan timbulnya ggl induksi; (f) ggl induksi selalu bernilai positif; (g) kecepatan gerak kumparan tidak berpengaruh pada besarnya ggl induksi. (2) Langkah pengembangan media yang dilakukan yaitu analisis kebutuhan, pengembangan produk awal, validasi ahli materi dan ahli media, uji coba skala kecil dan revisi, serta uji coba skala besar. (3) Media pembelajaran animasi simulasi komputer pada konsep induksi elektromagnetik yang telah dikembangkan, termasuk dalam kriteria baik untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran alternatif sebagai sarana untuk memfasilitasi pemahaman siswa. (4) Animasi simulasi komputer mampu mereduksi miskonsepsi siswa pada konsep induksi elektromagnetik. Dalam penelitian ini, prosentase siswa yang terdiagnosis miskonsepsi mengalami penurunan sebesar 11,11%.

Kata kunci: *Problem solving, problem posing, motivasi belajar, keterampilan berpikir kritis, prestasi belajar*

Pendahuluan

Pendidikan berperan penting dalam menentukan perkembangan dan kemajuan suatu bangsa. Pendidikan memiliki peranan penting dalam membangun masa depan. Dalam hal ini proses pembelajaran dalam sains ikut serta dalam meningkatkan mutu pendidikan. Hakekat sains adalah ilmu pengetahuan yang objek pengamatannya adalah alam dengan segala isinya. Sains adalah ilmu pengetahuan yang diperoleh menggunakan metode-metode berdasarkan observasi. Sains berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis, sehingga sains bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan proses penemuan.

Belajar sains mencakup dua dimensi, yaitu proses dan hasil. Belajar sains tidak hanya sekedar

mengingat saja apa yang telah dipelajari, tetapi juga harus memiliki konsepsi yang benar. Konsepsi yang dimiliki siswa sulit untuk diubah sebab konsepsi tersebut telah menyimpang dari konsepsi yang dikemukakan para ahli. Penyimpangan konsepsi ini disebut dengan miskonsepsi. Kesulitan siswa, mahasiswa calon guru maupun guru fisika untuk memahami suatu konsep dapat menimbulkan terjadinya miskonsepsi [1]. Cakupan miskonsepsi yaitu: 1) pengertian yang tidak akurat tentang konsep, 2) penggunaan konsep yang salah, 3) klasifikasi contoh-contoh yang salah tentang penerapan konsep, 4) pemaknaan konsep yang berbeda, 5) kekacauan konsep-konsep yang berbeda, dan 6) hubungan hierarkis konsep-konsep yang tidak benar [2].

Miskonsepsi yang dialami siswa dapat diketahui dengan cara mendiagnostik siswa dengan pemberian tes diagnostik. Tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga hasil tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk tindak lanjut berupa perlakuan yang tepat dan sesuai dengan kelemahan yang dimiliki siswa. Jadi tes diagnostik merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengetahui kelemahan siswa di mana hasil tes tersebut digunakan untuk memberikan tindak lanjut untuk mengatasi kelemahan siswa. Tujuan tes diagnostik sendiri untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang dialami siswa, maka guru sebagai pendidik dapat melakukan tes diagnostik ini pada beberapa waktu.

SMA Katolik Ign Slamet Riyadi Bojonegoro merupakan salah satu sekolah yang memiliki siswa dengan latar belakang yang beragam. Sekolah ini hanya memiliki satu kelas program IPA untuk kelas XII. Tabel 1. Menunjukkan nilai ujian nasional mata pelajaran fisika Ign Slamet Riyadi lima tahun terakhir.

Tabel 1. Nilai ujian nasional mata pelajaran fisika

Tahun Pelajaran	Nilai UN Mata Pelajaran Fisika	
	Tertinggi	Terendah
2009 / 2010	9,25	8,00
2010 / 2011	9,75	6,50
2011 / 2012	9,50	7,50
2012 / 2013	10,00	7,5
2013 / 2014	9,75	4,25

Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa terdapat perbedaan yang sangat mencolok antara nilai tertinggi dan nilai terendah ujian nasional mata pelajaran fisika. Perbedaan mencolok yang terjadi hampir setiap tahun pelajaran ini menjadi persoalan yang cukup serius karena penguasaan konsep-konsep fisika akan mempengaruhi prestasi belajar mereka.

Ketertarikan sebagian besar siswa SMAK Ign Slamet Riyadi dalam bidang sains terutama fisika rendah disebabkan anggapan mereka bahwa fisika adalah mata pelajaran sulit yang berisi rumus-rumus dan hitungan matematis saja. Keberhasilan siswa dalam mempelajari fisika selain ditentukan dari segi siswa, guru juga memegang peranan penting. Kemampuan guru mengelola kegiatan belajar mengajar akan mempengaruhi tingkat keberhasilan siswa dalam penguasaan konsep fisika. Dalam mengajar diperlukan metode mengajar yang baik dan penguasaan konsep yang benar. Berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap guru fisika SMAK Ign Slamet Riyadi, ditemukan bahwa metode yang mereka gunakan dalam pembelajaran fisika adalah ceramah dan latihan soal. Pada konsepsi induksi elektromagnetik, guru tidak memerlukan praktikum karena alasan keterbatasan waktu. Guru jarang menggunakan format representasi konsep yang berbeda bahkan media saat pembelajaran.

Salah satu topik yang paling sulit dalam mata pelajaran fisika adalah listrik dan magnet. Induksi elektromagnetik terdapat dalam materi listrik dan magnet yang mana termasuk sulit. Hal ini dikarenakan terdiri atas konsep-konsep abstrak tiga dimensi yang saling berhubungan dengan waktu, sehingga sulit bagi siswa untuk memahami. Selain itu, bagi siswa pemula biasanya kewalahan dengan banyaknya variabel dan kompleksitas informasi kualitatif dan kuantitatif.

Induksi elektromagnetik merupakan bagian dari rangkaian pelajaran sains yang tidak lepas dari miskonsepsi. Konsep-konsep pada materi induksi elektromagnetik cukup kompleks karena memuat konsep-konsep abstrak yang saling berkaitan, sehingga memungkinkan terjadinya miskonsepsi. Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa materi kemagnetan dan elektromagnetik banyak mengalami miskonsepsi, seperti telah dipaparkan sebelumnya.

Prinsip dasar yang umumnya disepakati untuk mereduksi miskonsepsi antara lain sebagai berikut: (1) sebelum mempelajari suatu konsep secara formal, siswa sudah memiliki pengetahuan atau pengalaman dengan topik itu, oleh karena itu yang baru dengan yang lama harus terangkai secara benar dalam otak siswa, (2) pengetahuan dan pengalaman sudah menghasilkan struktur pengetahuan di dalam otak, tetapi belum tentu struktur ini benar, dan seringkali pra-konsepsi ini harus dibongkar. Jadi guru harus sadar bahwa terkadang perlu membongkar sesuatu terlebih dahulu sebelum membangun lagi, (3) agar terjadi proses belajar, siswa harus aktif.

Salah satu metode mengajar yang sangat berguna untuk mengatasi miskonsepsi adalah demonstrasi [3]. Demonstrasi dapat digunakan untuk membantu siswa memahami dengan jelas jalannya suatu proses atau kerja suatu benda. Dengan demonstrasi, pemikiran siswa dapat dibimbing oleh guru secara langsung, karena dipadukan dengan teori. Jika dalam demonstrasi ditunjukkan hasil yang bertentangan dengan intuisi siswa, maka akan menyebabkan konflik kognitif yang selanjutnya diharapkan siswa akan mengubah konsepsinya.

Penggunaan animasi simulasi komputer sebagai strategi mereduksi miskonsepsi berdasarkan pada pertimbangan bahwa : (1) animasi simulasi merupakan model pembelajaran interaktif yang dapat menyediakan kesempatan bagi siswa untuk mempelajari materi setiap saat, dapat diulang-ulang sampai memahami konsep, memandu dan menggugah untuk mengalami proses belajar secara mandiri, memahami gejala-gejala alam melalui kegiatan ilmiah, dan meniru cara kerja ilmuwan dalam menemukan fakta, konsep, hukum atau prinsip-prinsip sains yang bersifat invisible; (2) siswa pada umumnya telah memiliki fasilitas komputer/ laptop untuk mengakses program animasi simulasi seperti Macromedia Flash melalui internet; dan (3) keberhasilan hasil penelitian proses pembelajaran materi IPA melalui simulasi komputer dalam meningkatkan pemahaman konsep.

Tinjauan Pustaka

a. Teori Belajar Konstruktivisme

Pengetahuan bukan merupakan sebuah copy dari objek untuk mengetahui sebuah gejala atau kejadian, bukan sekedar membuat suatu mental copy atau bayangan tentang sebuah objek [4]. Mengetahui adalah memodifikasi objek, mentransformasi objek dan mengerti proses transformasinya. Sebuah operasi adalah inti dari pengetahuan; operasi adalah aksi dalam pikiran yang memodifikasi objek pengetahuan. Belajar sendiri merupakan proses mencari pengetahuan atau yang disebut dengan *inquiry or discovery learning*.

Berdasarkan adanya pandangan yang berbeda dari pandangan umum tersebut di atas, maka muncul pandangan baru mengenai belajar yang disebut dengan teori belajar konstruktivisme. Dalam pandangan konstruktivisme pengetahuan yang dimiliki oleh setiap individu adalah hasil konstruksi secara aktif dari individu itu sendiri. Individu tidak hanya sekedar meniru (imitasi) dan membentuk

bayangan dari apa yang diamatinya atau diajarkan oleh gurunya, tetapi secara aktif individu itu menyaring, memberi arti dan menguji kebenaran atas informasi yang diterimanya. Karakteristik pembelajaran konstruktivisme dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Siswa tidak lagi dipandang sebagai sesuatu yang pasif, melainkan sebagai individu yang aktif, memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
- 2) Guru harus melibatkan siswa menjadi aktif di dalam pembelajaran sehingga memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
- 3) Pengetahuan tidak lagi dipandang sebagai sesuatu yang hanya langsung datang dari luar, melainkan melalui seleksi dan asimilasi secara individual.

Pengetahuan dibentuk (dikonstruksi) oleh siswa sendiri dalam kontak dengan lingkungan, tantangan, dan bahan yang dipelajari. Dalam pengertian konstruktivis, pengetahuan itu tidak sekali jadi tetapi merupakan suatu proses terus menerus yang semakin sempurna.

Teori belajar konstruktivisme menekankan bahwa siswa adalah individu yang secara aktif dapat mengkonstruksi pengetahuan melalui penyaringan, pemberian arti serta melakukan uji kebenaran atas informasi yang diterimanya secara terus menerus.

b. Belajar Konsep

Model pembelajaran pembentukan konsep terdiri atas tiga fase yaitu:

- 1) Fase 1 : penyajian data dan identifikasi konsep
Pada proses ini guru menyajikan contoh-contoh konsep, sedangkan siswa membandingkan atribut dalam contoh positif dan negatif. Siswa menggeneralisasikan dan menguji hipotesis. Selanjutnya, siswa menyatakan suatu definisi menurut atribut-atribut esensial yang dikemukakannya.
- 2) Fase 2 : pengumpulan data untuk verifikasi
Siswa mengidentifikasi konsep dengan menambahkan contoh-contoh yang dilabeli ya dan tidak. Guru mengkonfirmasi hipotesis siswa, nama konsep, dan pernyataan definisi menurut atribut esensial. Siswa menemukan contoh-contoh konsep.
- 3) Fase 3 : pengumpulan data untuk eksperimen
Siswa menjelaskan apa yang difikirkannya. Siswa mendiskusikan peran hipotesis, atribut, dan jenis dan jumlah hipotesis.

Dalam pembelajaran terdapat dua proses yang analog dengan dua fase perubahan konsep, yaitu asimilasi dan akomodasi. Dalam asimilasi, siswa menggunakan konsep-konsep yang telah ada untuk menghadapi gejala baru dengan suatu perubahan kecil yang berupa penyesuaian. Sedangkan dalam akomodasi, siswa harus mengganti atau mengubah konsep-konsep pokok mereka yang lama karena tidak cocok lagi dengan persoalan yang baru. Di sini terdapat perubahan secara drastis dan siswa sungguh-sungguh mengubah konsep yang telah mereka miliki. Hal ini biasanya terjadi pada siswa yang memiliki konsep menyimpang dari konsep ilmiah.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa belajar konsep atau pembelajaran pembentukan konsep adalah pembelajaran sebagai proses untuk pembentukan kemampuan berfikir induktif, juga untuk mengembangkan konsep dan analisis.

c. Miskonsepsi

Miskonsepsi dapat dipandang sebagai suatu konsepsi atau struktur kognitif yang melekat dengan kuat dan stabil di benak siswa yang sebenarnya menyimpang dari konsepsi yang dikemukakan para ahli, yang dapat menyesatkan para siswa dalam memahami fenomena alamiah dan melakukan eksplanasi ilmiah [5]. Miskonsepsi didefinisikan sebagai kesalahan pemahaman yang terjadi selama atau sebagai hasil dari pengajaran yang baru saja diberikan, berkembang dalam waktu yang lama.

Miskonsepsi atau salah konsep menunjuk pada suatu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian yang diterima para pakar dalam bidang itu. Berdasarkan beberapa pendapat mengenai miskonsepsi, dapat disimpulkan bahwa miskonsepsi atau kesalahan pemahaman merupakan pertentangan antara konsep baru yang diterima dengan konsep lama yang telah dimiliki oleh orang lain atau siswa sebagai peserta didik, di mana konsep lama melekat kuat dan stabil dan merupakan konsep yang menyimpang.

Banyak hal yang dapat menyebabkan miskonsepsi. Secara umum dapat disebabkan oleh siswa sendiri, guru yang mengajar, konteks pembelajaran, cara mengajar, dan buku teks. Penyebab miskonsepsi pada siswa terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penyebab miskonsepsi siswa

Sebab Utama	Sebab Khusus
Siswa	<ul style="list-style-type: none"> • Prekonsepsi • Pemikiran asosiatif • Pemikiran humanistic • Reasoning yang tidak lengkap/salah • Intuisi yang salah • Tahap perkembangan kognitif siswa • Kemampuan siswa • Minat belajar siswa
Guru/ pengajar	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menguasai bahan, tidak kompeten • Bukan lulusan dari bidang ilmu fisika • Tidak membiarkan siswa
Buku teks	<ul style="list-style-type: none"> • Penjelasan keliru • Salah tulis, terutama dalam rumus • Tingkat kesulitasn penulisan buku terlalu tinggi bagi siswa • Siswa tidak tahu membaca buku teks • Buku fiksi sains kadang-kadang konsepnya menyimpang demi menarik pembaca
Konteks	<ul style="list-style-type: none"> • Pengalaman siswa • Bahasa sehari-hari berbeda • Teman diskusi yang salah • Keyakinan dan agama • Penjelasan orang tua/ orang lain yang keliru • Konteks hidup siswa (TV, radio, film yang keliru) • Perasaan senang/ tidak senang; bebas atau tertekan
Cara mengajar	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya berisi ceramah dan menulis

	<ul style="list-style-type: none"> • Langsung ke dalam bentuk matematika • Tidak mengungkapkan miskonsep siswa • Tidak mengkoreksi PR yang salah • Model analogi • Model praktikum • Model diskusi • Model demosntrasi yang sempit • <i>Non multiple intelligences</i>
--	--

Sifat miskonsepsi yang terjadi pada siswa adalah melekat kuat dan stabil serta sulit untuk dibenahi. Ciri – ciri miskonsepsi pada siswa adalah sebagai berikut:

- 1) Miskonsepsi sulit sekali untuk diperbaiki
- 2) Seringkali siswa mengalami miskonsepsi terus menerus. Soal-soal yang sederhana dapat dikerjakan, tetapi dengan soal yang sedikit lebih sulit miskonsepsi akan muncul kembali.
- 3) Sering terjadi regresi yaitu siswa yang sudah mengatasi miskonsepsi beberapa bulan kemudian salah lagi
- 4) Dengan ceramah yang bagus, miskonsepsi tidak dapat dihilangkan atau dihindari
- 5) Siswa, mahasiswa, guru, dosen maupun peneliti dapat terkena miskonsepsi
- 6) Siswa yang pandai dan yang lemah keduanya dapat terkena miskonsepsi

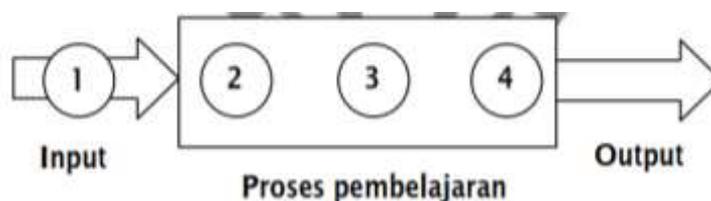
Identifikasi miskonsepsi adalah suatu cara yang dilakukan untuk mengidentifikasi belajar siswa yang diperkirakan mengalami kesalahan dalam memahami konsep. Dalam hal ini konsep yang dimiliki siswa berbeda dengan konsep yang diutarakan para ahli. Ada berbagai cara untuk mendeteksi miskonsepsi siswa. Beberapa cara yang biasa digunakan peneliti antara lain dengan wawancara, peta konsep, tes diagnostik, diskusi di kelas dan praktikum dengan tanya jawab. Hal terpenting adalah siswa diberi kesempatan untuk mengungkapkan gagasan mereka sehingga dapat dimengerti miskonsepsi yang dipunyai. Cara yang paling sering digunakan dalam penelitian untuk mengidentifikasi ada tidaknya miskonsepsi pada seseorang atau siswa yaitu menggunakan tes diagnostik.

Tes diagnostik berguna untuk mengetahui kesulitan belajar yang dihadapi peserta didik, termasuk kesalahan pemahaman konsep [6]. Hasil tes diagnostik menunjukkan pada tingkat pemahaman siswa. Hasil ini dapat ditindaklanjuti dengan memberikan bimbingan secara khusus dengan tingkat pemahaman rendah. Materi yang diangkat dalam tes diagnostik pada umumnya ditekankan pada bahan tertentu yang biasanya atau menurut pengalaman sulit dipahami dan terjadi miskonsepsi. Soal-soal tentunya harus disusun sedemikian rupa sehingga miskonsepsi yang dialami siswa dapat ditentukan.

d. Tes Diagnostik

Mendiagnostik kesulitan belajar sangat penting dilakukan dengan tujuan untuk membantu siswa dalam menghadapi kesulitan belajar yang dihadapi yang selanjutnya dianalisis dan dirumuskan pemecahannya. Tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga hasil tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk memberikan tindak lanjut berupa perlakuan yang tepat dan sesuai dengan kelamahan yang dimiliki siswa. Jadi tes diagnostik adalah suatu instrumen yang digunakan untuk mengetahui kelemahan siswa di mana hasil tes tersebut digunakan untuk memberikan tindak lanjut untuk mengatasi kelemahan siswa.

Tujuan tes diagnostik adalah untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang dialami siswa, maka guru sebagai pendidik dapat melakukan tes diagnostik ini pada beberapa waktu. Pemberian tes diagnostik pada siswa dapat dilakukan pada berbagai kesempatan, secara skema dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema berbagai kesempatan pemberian tes diagnostik pada proses pembelajaran

- 1) Tes diagnostik ke-1, dilakukan pada waktu penyaringan siswa baru, sering disebut tes prasyarat. Tes ini dilakukan untuk mengukur dan mengetahui tingkat penguasaan siswa, apakah sudah menguasai pengetahuan dasar (bahan prasyarat) sehingga dapat menerima pengetahuan lanjutan.
- 2) Tes diagnostik ke-2, dilakukan pada calon siswa yang akan mulai mengikuti program, yang berfungsi sebagai tes penempatan. Hasil tes ini digunakan sebagai informasi untuk menempatkan siswa pada tempat yang sesuai atau mengelompokkan siswa berdasarkan kemampuannya dalam menerima pelajaran.
- 3) Tes diagnostik ke-3, dilakukan selama pelajaran berlangsung. Tes ini digunakan untuk mengetahui atau mendeteksi kemampuan dan kesulitan yang dialami siswa saat mempelajari bahan pelajaran dalam suatu program kegiatan instruksional. Guru dapat memberikan bantuan yang diperlukan dan menentukan cara yang khusus untuk mengatasi atau memberikan bimbingan.
- 4) Tes diagnostik ke-4, yang berfungsi sebagai informasi untuk mengetahui tingkat penguasaan siswa terhadap bahan pelajaran yang dipelajari pada akhir program kegiatan instruksional.

e. Animasi Simulasi Komputer

Animasi adalah menciptakan suatu ilusi kehidupan menggunakan trik komputer. Animasi memiliki dua peran, yaitu peran penceritaan (*character animation*) dan pendukung penceritaan (*visual effect*). Animasi merupakan suatu teknik menampilkan gambar secara berurutan dengan pemberian efek gerakan (*motion tween*), warna serta posisi dengan menggunakan software, sehingga seorang penonton dapat merasakan adanya perubahan pada suatu gambar yang telah diurutkan tersebut secara visual.

Beberapa pengertian simulasi:

- 1) Simulasi adalah program (software) komputer yang berfungsi untuk menirukan perilaku sistem nyata yang memanipulasi sebuah model sedemikian rupa sehingga model tersebut bekerja dalam ruang dan waktu.
- 2) Simulasi adalah model dari suatu sistem, di mana sistem tersebut dimodelkan dengan sebuah software, dan ukuran numerik performansi diturunkan dari output.
- 3) Simulasi adalah suatu proses perancangan model dari suatu sistem nyata dan pelaksanaan eksperimen-eksperimen untuk memahami tingkah laku sistem.
- 4) Simulasi adalah suatu program komputer yang ditulis dalam bahasa pemrograman (*general*

purpose atau *dedicated*) dan memerlukan runtime yang terkadang besar.

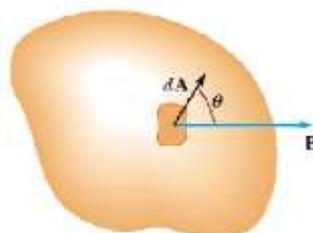
Dari penjelasan di atas, simulasi dapat diartikan suatu teknik pembuatan atau menirukan suatu kejadian yang terdapat di alam yang dimodelkan dalam sebuah software dan digunakan untuk mempelajari sistem, dapat juga berfungsi sebagai sarana pelatihan maupun hiburan. Simulasi biasanya digunakan ketika menemui model yang sangat rumit dengan banyak variabel dan komponen yang saling berinteraksi.

f. Konsep Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik ialah gejala terjadinya arus listrik dalam suatu penghantar akibat adanya perubahan medan magnet di sekitar kawat penghantar tersebut. Arus listrik yang terjadi disebut arus induksi atau arus imbas.

1) Fluks magnetik

Fluks magnetik berkaitan dengan jumlah garis medan magnet yang melewati luasan yang diketahui. Sebuah elemen luas dA pada permukaan sembarang seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Fluks magnetik B yang menembus elemen luas dA

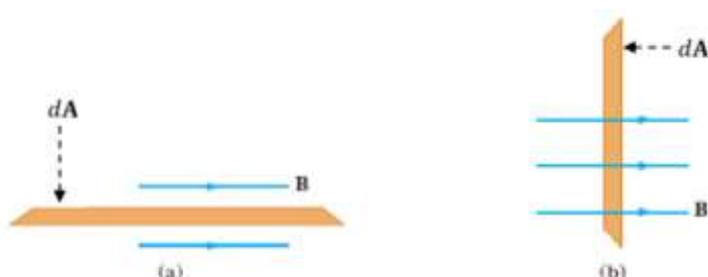
Jika medan magnet pada elemen ini adalah B , fluks magnetik yang menembus elemen tersebut adalah $B \cdot dA$, di mana dA adalah vektor yang tegak lurus permukaan dan besarnya sama dengan luas dA . Oleh karena itu, fluks magnetik total ϕ_B yang melewati permukaan adalah

$$\phi_B = \int B \cdot dA \dots \dots \dots (1)$$

Fluks magnetik untuk sebuah bidang dengan luas A dalam medan magnet homogen B yang membentuk sudut θ dengan dA adalah

$$\phi_B = B A \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

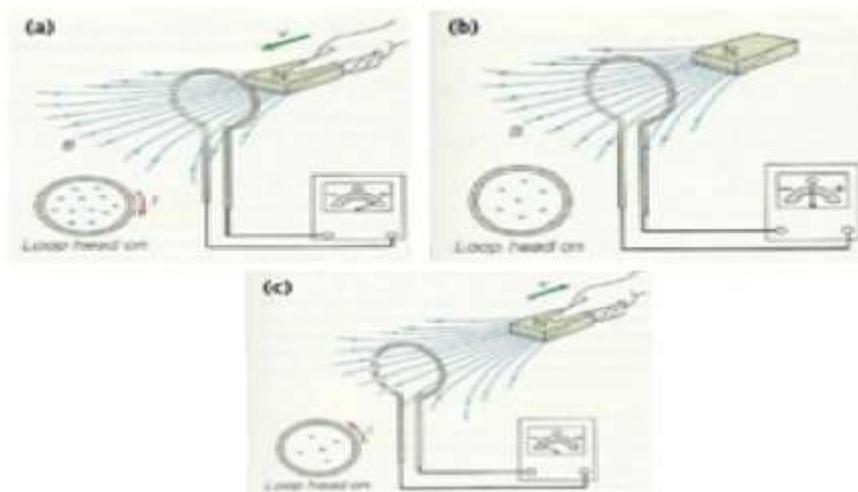
Jika medan magnet sejajar bidang, seperti pada gambar 3A, maka $\theta = 90^\circ$ dan fluks yang menembus bidang adalah nol. Jika medan magnet tegak lurus bidang, seperti pada gambar 3B maka $\theta = 0^\circ$ dan fluks yang menembus bidang $B A$ nilai (nilai maksimum).



Gambar 3. Fluks magnetik menembus bidang yang terletak dalam medan magnet. Satuan fluks magnetik adalah $T.m^2$, di mana didefinisikan dalam satuan weber (Wb); $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T.m}^2$.

2) Hukum Induksi Faraday

Untuk dapat melihat bagaimana ggl dapat diinduksikan oleh sebuah medan magnet yang berubah, bayangkan sebuah loop kawat yang terhubung dengan sebuah ammeter sensitif, seperti diilustrasikan pada gambar 4. Ketika sebuah magnet digerakkan mendekati loop, jarum galvanometer akan bergerak ke suatu arah, ditunjukkan ke kanan pada gambar 4a. Ketika magnet tersebut didiamkan relatif terhadap loop (gambar 4b), tidak ada pergerakan jarum jam yang teramati. Ketika magnet digerakkan menjauh dari loop, jarum akan mengarah ke arah yang berlawanan, seperti diperlihatkan pada gambar 4c. Terakhir, jika magnet didiamkan dan loop digerakkan mendekati atau menjauh, jarum akan bergerak. Dari pengamatan ini, dapat disimpulkan bahwa loop tersebut mendeteksi pergerakan magnet relatif terhadapnya dan kita kaitkan deteksi ini dengan perubahan dalam medan magnet. Dengan demikian, terlihat bahwa terdapat hubungan antara arus dan medan magnet yang berubah.

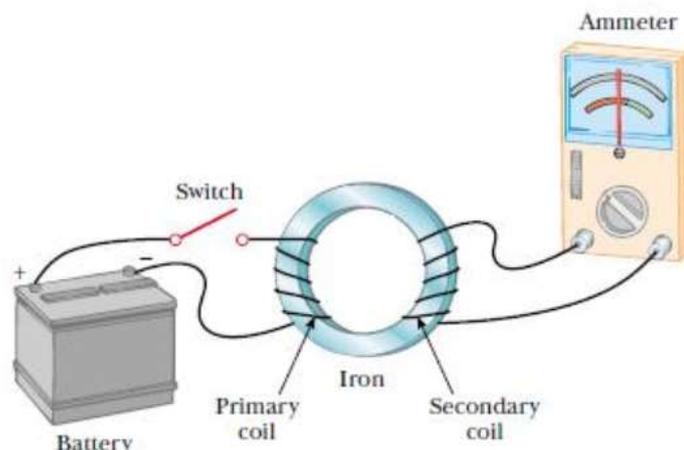


Gambar 4. (a) Sebuah magnet digerakkan mendekati loop yang terhubung dengan ammeter, ammeter bergerak menandakan bahwa sebuah arus diinduksikan dalam loop, (b) Magnet didiamkan, tidak ada arus yang terinduksi dalam loop, bahkan ketika magnet berada di dalam loop, (c) Magnet dijauhkan dari loop, ammeter bergerak pada arah yang berlawanan

(Sumber: J.D. Wwilson & A.J. Buffa)

Eksperimen yang dilakukan oleh Faraday pada gambar 5. Sebuah kumparan primer dihubungkan dengan sebuah sakelar dan baterai. Kumparan tersebut dililitkan pada sebuah cincin besi, dan arus pada kumparan dihasilkan oleh sebuah medan magnet ketika sakelar ditutup. Sebuah kumparan

sekunder juga dililitkan pada cincin dan dihubungkan dengan sebuah ammeter sensitif. Tidak ada baterai pada rangkaian sekunder, dan kumparan sekunder tidak terhubung secara elektrik dengan kumparan primer. Arus apapun yang terdeteksi di rangkaian sekunder pastilah diinduksi oleh penyebab eksternal.



Gambar 5. Eksperimen Faraday

Ketika sakelar ditutup, jarum galvanometer mengarah ke salah satu arah dan segera kembali ke nol. Ketika sakelar dibuka, jarum tersebut mengarah ke arah yang berlawanan dan kemudian juga segera kembali ke nol. Terakhir, galvanometer menunjukkan nilai nol ketika terdapat arus tunak atau tidak ada arus di rangkaian primer.

Sebagai hasil dari pengamatan ini, Faraday menyimpulkan bahwa sebuah arus listrik dapat diinduksikan dalam suatu rangkaian oleh suatu medan magnet yang berubah-ubah. Arus induksi muncul hanya untuk waktu yang singkat ketika medan magnet yang menembus kumparan sekunder berubah. Ketika medan magnetnya mencapai nilai yang tetap, arus dalam kumparan sekunder menghilang. Efeknya, rangkaian sekunder berperilaku seperti ketika sebuah sumber ggl dihubungkan untuk waktu yang singkat.

Eksperimen yang ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 memiliki satu persamaan. Pada masing-masing kasus, suatu ggl diinduksikan pada rangkaian ketika fluks magnetik yang menembus rangkaian berubah terhadap waktu. Secara umum, ggl induksi pada suatu rangkain sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang menembus rangkaian. Pernyataan ini dikenal sebagai hukum induksi Faraday, dapat dituliskan dengan persamaan matematis

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

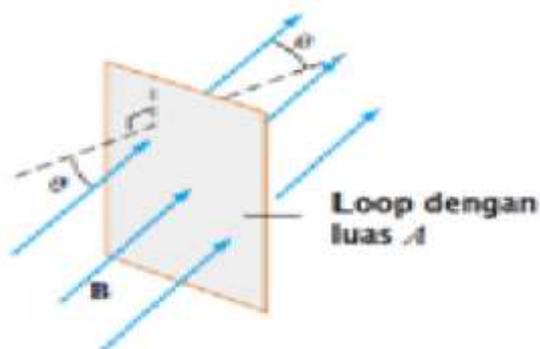
Dimana $\phi_B = \int B \cdot dA$ adalah fluks magnetik yang menembus rangkaian.

Jika rangkaiannya merupakan sebuah kumparan yang terdiri atas N loop dengan luas yang sama dan jika ϕ_B adalah fluks magnetik yang menembus satu loop, maka suatu ggl diinduksikan di setiap loop. Loop loop tersebut terangkaia seri sehingga gglnya dijumlahkan. Jadi, ggl induksi total diberikan oleh persamaan

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

Misalkan sebuah loop melingkupi luas A yang terletak pada medan magnet homogen B, seperti pada gambar 6. Jika fluks magnetik yang menembus loop sama dengan BA cos θ, maka ggl induksinya dapat dinyatakan sebagai

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt} (BA \cos\theta) \dots\dots\dots(5)$$



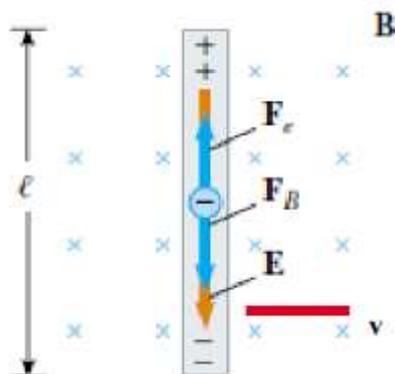
Gambar 6. Sebuah loop konduktor melingkupi luas A pada medan magnet homogen B

Dari persamaan ini, kita lihat bahwa suatu ggl dapat diinduksikan pada rangkaian dengan beberapa cara:

- a) Besar B dapat diubah terhadap waktu
- b) Luas daerah yang dilingkupi loop dapat diubah terhadap waktu
- c) Sudut θ antara B dan garis normal loop dapat diubah terhadap waktu
- d) Semua gabungan dari cara-cara di atas juga dapat menimbulkan ggl

3) Gaya Gerak Listrik Gerak

Gaya gerak listrik (ggl) gerak merupakan ggl yang terinduksi pada sebuah konduktor yang bergerak menembus suatu medan magnet konstan. Konduktor lurus dengan panjang l yang ditunjukkan pada gambar 7 bergerak menembus sebuah medan magnet homogen yang mengarah ke dalam bidang kertas.



Gambar 7. Sebuah konduktor listrik lurus dengan panjang l bergerak dengan kecepatan v menembus sebuah medan magnet homogen B yang

mengarah tegak lurus v

Asumsikan bahwa konduktor tersebut bergerak pada arah yang tegak lurus medan dengan kecepatan konstan di bawah pengaruh suatu penyebab eksternal. Elektron dalam konduktor mengalami gaya $F_B = qv \times B$ yang arahnya sepanjang l , tegak lurus v dan B . Di bawah pengaruh gaya ini, elektron bergerak ke arah ujung bawah konduktor dan berkumpul di ujung bawah konduktor, menyebabkan terkumpulnya muatan positif pada ujung atas konduktor. Muatan berkumpul di kedua ujung hingga gaya magnetik ke bawah qvB pada muatan-muatan yang tersisa di konduktor diimbangi oleh gaya listrik ke atas $F_e = qE$. Pada keadaan ini, elektron hanya melakukan gerakan termal acak. Kondisi keseimbangan mensyaratkan

$$qE = qvB \quad \text{atau} \quad E = vB \dots\dots\dots (6)$$

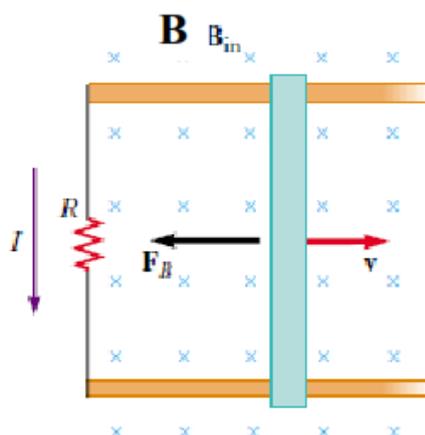
Medan listrik yang dihasilkan pada konduktor dihubungkan dengan beda potensial di sepanjang ujung konduktor oleh persamaan $\Delta V = El$. Jadi, untuk kondisi kesetimbangan

$$\Delta V = El = Blv \dots\dots\dots (7)$$

Dimana ujung konduktor pada gambar 7 berada pada potensial listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan ujung bawahnya. Dengan demikian, suatu beda potensial tetap berada di antara ujung konduktor selama konduktor tersebut terus bergerak menembus medan magnet homogen. Jika arah gerakannya dibalikkan, maka polaritas beda potensialnya juga dibalikkan.

4) Hukum Lenz

Hukum Faraday menandakan bahwa ggl induksi dan perubahan fluks memiliki tanda aljabar yang berlawanan. Hal ini merupakan interpretasi fisika yang sangat nyata, yang dikenal dengan hukum lenz. Hukum lenz menyatakan bahwa arus induksi pada loop muncul dengan arah yang menghasilkan sebuah medan magnet yang melawan perubahan fluks magnetik yang menembus daerah yang dilingkupi oleh loop. Artinya, arus induksi cenderung mencegah perubahan fluks magnetik awal yang menembus rangkaian.



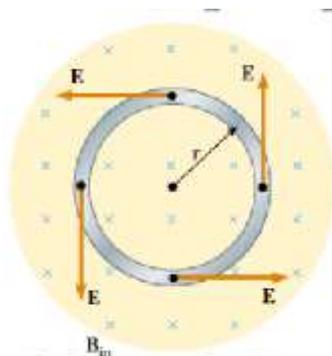
Gambar 8. Sebuah batang bergetar ke arah kanan pada dua rel konduktor yang diam

Sebuah batang bergerak ke kanan pada dua rel sejajar di dalam medan magnet homogen (medan magnet eksterenal, gambar8). Ketika batang bergerak ke kanan, fluks magnetik yang menembus daerah yang dilingkupi rangkaian, meningkat terhadap waktu karena luasnya bertambah. Hukum Lenz menyatakan bahwa arus induksi harus berarah sedemikian sehingga medan magnet yang dihasilkannya melawan perubahan fluks magnetik eksternal. Oleh karena fluks magnetik akibat medan eksternal yang diarahkan ke dalam bidang kertas bertambah besar, maka arus terinduksi, jika ingin melawan perubahan ini, maka harus menghasilkan medan magnet yang arahnya keluar bidang kertas. Dan berlaku sebaliknya jika batang bergerak ke kiri.

5) Ggl Induksi dan Medan Listrik

Telah diketahui bahwa perubahan fluks magnetik dapat menginduksikan suatu ggl dan suatu arus pada loop konduktor. Kita dapat memperoleh suatu pernyataan berdasarkan analogi pada konsep kelistrikan bahwa sebuah medan listrik dapat diciptakan pada konduktor sebagai akibat dari fluks magnetik yang berubah.

Medan listrik yang terinduksi ini bersifat non-konservatif. Tidak seperti medan elektrostatik yang dihasilkan muatan stationer. Kita dapat mengilustrasikan hal ini dengan membayangkan sebuah loop konduktor dengan jari-jari r yang diletakkan dalam medan magnet homogen yang tegak lurus bidang loop, seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Sebuah loop konduktor dengan jari-jari r dalam medan magnet homogen yang tegak lurus bidang loop

Jika medan magnet berubah terhadap waktu, maka menurut Faraday, suatu ggl $\varepsilon = -d\phi_B/dt$ akan diinduksikan dalam loop. Induksi sebuah arus pada loop menandakan keberadaan sebuah medan listrik terinduksi E yang harus tangensial terhadap loop karena ini adalah arah di mana muatan-muatan dalam kawat bergerak dalam rangka merespon gaya listriknya. Usaha yang dilakukan oleh medan listrik untuk menggerakkan sebuah muatan uji q sebanyak satu kali mengelilingi loop sama dengan $q\varepsilon$. Oleh karena gaya listrik yang bekerja pada muatan adalah qE , maka usaha yang dilakukan oleh medan listrik untuk menggerakkan muatan satu kali di sekeliling loop adalah $qE(2\pi r)$, di mana $2\pi r$ adalah keliling loop. Kedua persamaan untuk usaha ini harus

setara sehingga kita dapatkan

$$q\varepsilon = qE(2\pi r) \dots \dots \dots (8)$$

$$E = \frac{\varepsilon}{2\pi r} \dots \dots \dots (9)$$

Menggunakan persamaan ini dengan persamaan hukum Faraday dan fakta bahwa $\phi_B = BA = \pi r^2 B$ untuk sebuah loop lingkaran, kita dapatkan bahwa medan listrik yang terinduksi dapat ditulis sebagai

$$E = -\frac{1}{2\pi r} \frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{r dB}{2 dt} \dots \dots \dots (10)$$

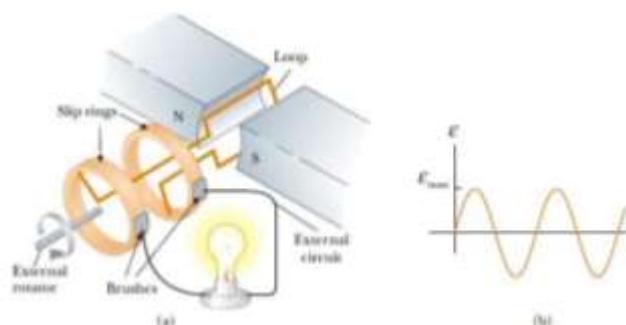
Gaya gerak listrik (ggl) untuk sembarang lintasan tertutup dapat dituliskan sebagai integral garis $E \cdot ds$ sepanjang lingkaran $\varepsilon = \oint E \cdot ds$. Dalam kasus yang lebih umum, E boleh tidak konstan dan lintasannya boleh tidak lingkaran. Jadi, hukum induksi Faraday $\varepsilon = -d\phi_B / dt$, dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut.

$$\oint E \cdot ds = -\frac{d\phi_B}{dt} \dots \dots \dots (11)$$

Medan listrik yang terinduksi E adalah medan konservatif yang dihasilkan oleh medan magnet yang berubah. Medan E yang memenuhi persamaan 11 tidak mungkin berupa medan elektrostatik karena jika medannya elektrostatik dan konservatif, maka integral garis $E \cdot ds$ sepanjang loop tertutup akan nol. Hal ini bertentangan dengan persamaan 11.

6) Generator dan Motor

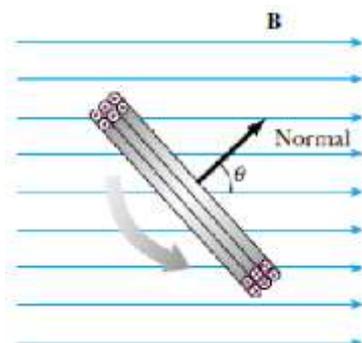
Generator listrik menerima energi dalam bentuk usaha dan menyalurkannya keluar melalui transmisi listrik. Generator arus bolak balik (AC) diilustrasikan pada gambar 10a. Dalam bentuknya yang paling sederhana, generator terdiri atas sebuah loop kawat yang dirotasikan oleh suatu cara eksternal dalam sebuah medan magnet.



Gambar 10. (a) diagram skema sebuah generator AC. (b) grafik ggl bolak balik fungsi waktu

Pada pembangkit listrik komersial, energi yang dibutuhkan untuk merotasikan loop dapat diperoleh dari berbagai sumber. Contohnya, pada pembangkit listrik tenaga air, air terjun diarahkan pada ujung turbin untuk menghasilkan gerak rotasi. Pada pembangkit listrik tenaga batu bara, energi yang dilepaskan pada pembakaran batu bara digunakan untuk mengubah air menjadi uap, dan uap ini diarahkan ke bilah-bilah turbinn. Ketika loop berotasi dalam medan magnet, fluks magnetik

yang menembus luas yang dilingkupi oleh loop berubah terhadap waktu. Hal ini menginduksikan suatu ggl dan sebuah arus pada loop berdasarkan hukum Faraday. Ujung loop dihubungkan pada cincin-cincin slip yang berotasi pada loop. Hubungan dari cincin-cincin slip yang berfungsi sebagai terminal-terminal keluar dari generator ke rangkaian eksternal diberikan oleh sikat-sikat stationer yang bersentuhan dengan cincin-cincin slip ini.



Gambar 11. Sebuah loop yang melingkupi luas A dan memiliki N lilitan berotasi dengan kelajuan sudut kosntan ω dalam medan magnet.

Misalkan untuk satu lilitan loop memiliki N lilitan, semua dengan luas A yang sama dan berotasi dalam medan magnet dengan kecepatan sudut konstan ω . Jika θ adalah sudut antara medan magnet dan bidang normal loop, seperti gambar 11, maka fluks magnetik yang menembus loop pada sembarang waktu t adalah

$$\Phi_B = BA \cos \theta = BA \cos \omega t \dots \dots \dots (12)$$

Dengan demikian, ggl induksi pada kumparan adalah

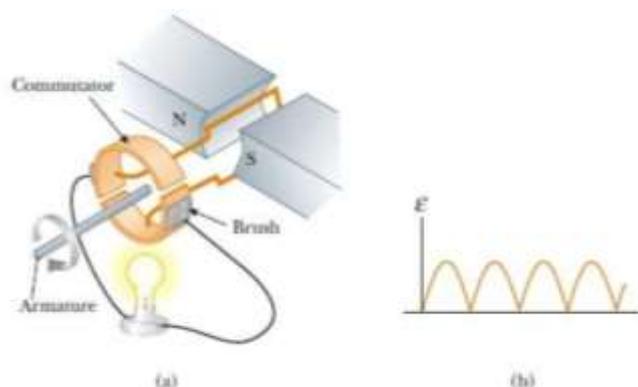
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -NAB \frac{d}{dt}(\cos \omega t) = NAB\omega \sin \omega t \dots \dots \dots (13)$$

Hasil ini menunjukkan bahwa ggl tersebut berubah secara sinusoidal terhadap waktu, seperti grafik yang digambarkan pada gambar 10.b. Dari persamaan 13 maka ggl maksimum memiliki nilai

$$\varepsilon_{maks} = NAB\omega \dots \dots \dots (14)$$

Yang terjadi ketika $\omega t = 90^\circ$ atau 270° . Dengan kata lain, $\varepsilon = \varepsilon_{maks}$ ketika medan magnet berada di dalam bidang kumparan dan laju perubahan fluksnya maksimum. Selain ity, gglnya nol ketika $\omega t = 0^\circ$ atau 180° , yaitu ketika B tegak lurus bidang kumparan dan laju perubahan fluksnya adalah nol.

Generator arus searah (DC) diilustrasikan pada gambar 12a. Generator DC ini digunakan, misal dalam mobil-mobil lama untuk mengisi aki. Komponen generatpr DC pada dasarnya sama dengan generator AC, kecuali yang bersentuhan dengan loop yang berotasi dibuat menggunakan sebuah cincin split yang disebut komutator.



Gambar 12. (a) Diagram skema sebuah generator DC. (b) Grafik ggl fungsi waktu

Hasil dan Pembahasan

Pembuatan media dilakukan dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak.

a. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan untuk membuat media ini adalah unit komputer atau laptop serta perangkat pembakar CD.

b. Perangkat lunak

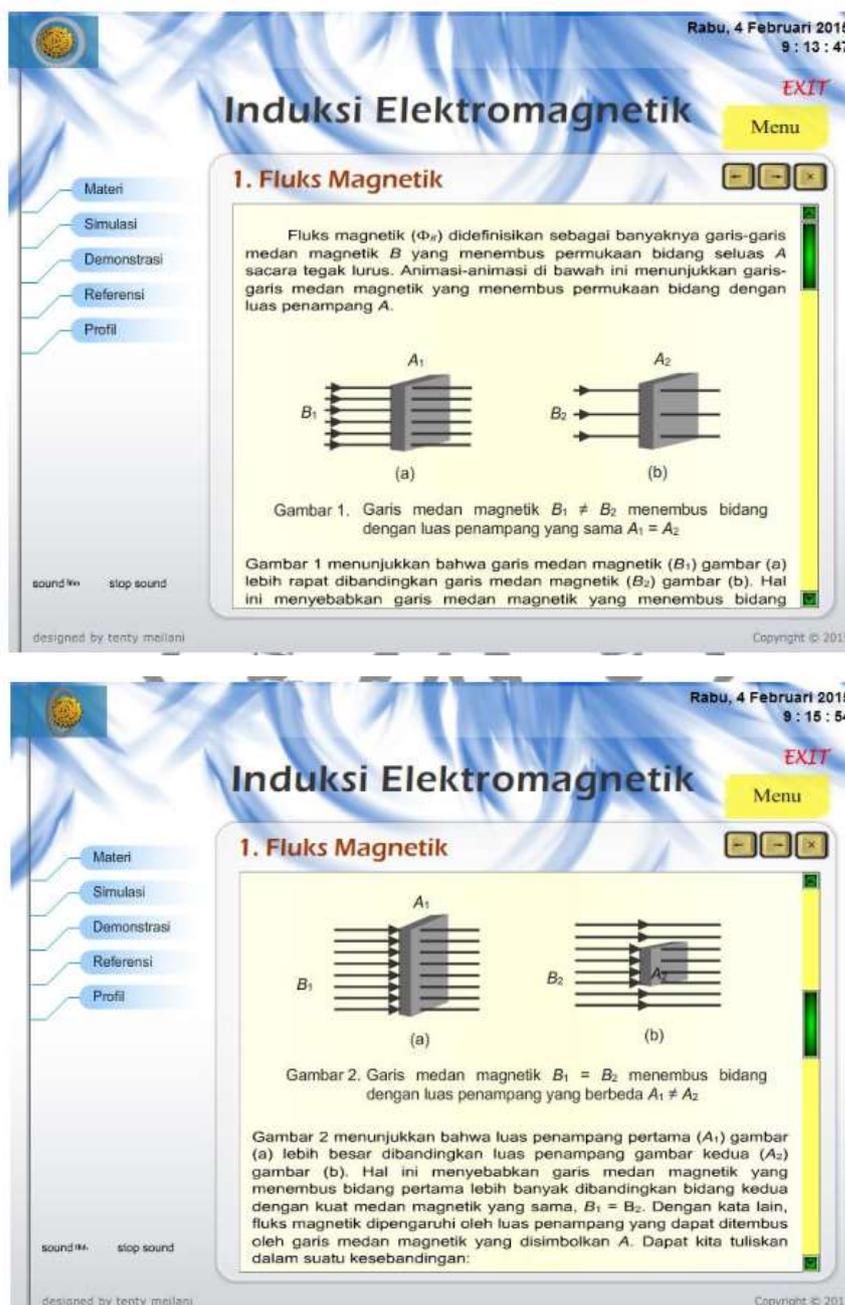
Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat media ini dibagi menjadi beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

- 1) Perangkat lunak untuk sistem operasi : Microsoft Windows 7 Ultimate
- 2) Perangkat lunak utama : Macromedia Flash 8
- 3) Perangkat flash converter : SWF to EXE
- 4) Perangkat pembuatan teks tambahan : Microsoft word 2010
- 5) Perangkat burning CD : nero

Pada tahap pembuatan desain media, tampilan materi utama pokok bahasan induksi elektromagnetik adalah inti dari pengembangan media pembelajaran dalam bentuk animasi simulasi komputer yang mampu mereduksi miskonsepsi siswa.

Berdasarkan naskah yang telah disusun, selanjutnya dibuat tampilan-tampilan animasi simulasi komputer menggunakan Macromedia Flash 8 berupa file yang bila disimpan akan berekstensi awal swf, ini merupakan ciri-ciri file yang dibuat dengan menggunakan program macromedia Flash. Jika file animasi simulasi komputer sudah siap, maka tahap akhir animasi simulasi komputer dapat diproduksi dengan format exe.

Berikut ini adalah tampilan animasi, simulasi serta video demosntrasi pada media pembelajaran induksi elektromagnetik yang telah dikembangkan.



Gambar 13. Tampilan materi fluks magnetik

Fluks magnetik Φ_B didefinisikan sebagai banyaknya garis-garis medan magnetik B yang menembus permukaan bidang seluas A secara tegak lurus. Gambar 13. Menunjukkan garis medan magnetik dengan kerapatan berbeda menembus luasan yang sama. Semakin rapat garis medan magnetik atau identik dengan kuat medan magnetik, maka semakin besar fluks magnetik yang dihasilkan untuk luas penampang yang sama.



Gambar 14. Tampilan materi Hukum Faraday

Animasi mengenai percobaan Faraday ditunjukkan pada gambar 14. Magnet dapat digerakkan mendekati kumparan dengan menggeser slider ke arah kanan/ Saat magnet dengan kutub utara digerakkan mendekati kumparan, jarum pada galvanometer bergerak menyimpang ke suatu arah. Saat magnet digerakkan menjauhi kumparan, jarum galvanometer bergerak menyimpang dengan arah simpangan berbeda dengan arah simpangan sebelumnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap pemahaman konsep elektromagnetik siswa SMAK Ign. Slamet Riyadi Bojonegoro tahun ajaran 2014/2015, serta penggunaan animasi simulasi komputer dan demonstrasi yang dilakukan, maka peneliti mendapatkan kesimpulan bahwa

sebanyak 25,31 % siswa terdiagnosa miskonsepsi. Penyebab miskonsepsi yang dialami siswa yaitu : (1) miskonsepsi yang terjadi karena kesulitan mengaplikasikan suatu aturan; (2) miskonsepsi yang terjadi karena siswa kesulitan membangun hubungan antara fisika dan matematika; (3) miskonsepsi yang terjadi karena bermasalah dalam mengasosiasikan persamaan matematik dengan deskripsi fisika; (4) miskonsepsi yang terjadi karena tidak sepenuhnya mampu mempersepsi konsep fluks magnetik dan penerapannya dalam ggl induksi; (5) miskonsepsi yang terjadi karena tidak mengaitkan bahasa matematis dengan persamaan fisika. Profil miskonsepsi konsep induksi elektromagnetik yang dialami oleh siswa adalah sebagai berikut : (1) jumlah lilitan mempengaruhi besarnya fluks magnetik; (2) perubahan fluks magnetik saat kumparan memasuki medan magnet adalah positif, saat di dalam medan magnet adalah nol dan saat meninggalkan medan magnet adalah negatif, (3) GGL induksi yang dihasilkan pada suatu kumparan yang bergerak memasuki medan magnet bertambah, saat di dalam medan magnet ggl induksinya tetap dan saat meninggalkan medan magnet nilainya berkurang mencapai nol; (4) grafik hubungan ggl induksi terhadap waktu disamakan dengan grafik hubungan fluks magnetik terhadap waktu; (5) adanya kontak antara fluks magnetik dan kumparan luar mengakibatkan timbulnya ggl induksi; (6) ggl induksi selalu bernilai positif; (7) kecepatan gerak kumparan tidak berpengaruh pada besarnya ggl induksi. Produk akhir yang baik dapat diperoleh dengan langkah pengembangan media yang dilakukan dengan cara analisis kebutuhan, pengembangan produk awal, validasi ahli materi dan ahli media, uji coba skala kecil dan revisi, serta uji coba skala besar.

Hasil validasi ahli materi pada aspek kelayakan isi/ materi, media yang telah dibuat termasuk dalam kriteria baik dengan penilaian sebesar 87,78%. Hasil validasi ahli media pada aspek kelayakan media, media yang telah dibuat dan disajikan termasuk dalam kriteria baik dalam penilaian sebesar 92,27%. Hasil pengujian terhadap siswa kelas XII memberikan hasil bahwa media termasuk dalam kriteria baik dengan penilaian sebesar 88,24%. Selanjutnya dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran animasi simulasi komputer dan demonstrasi pada konsep induksi elektromagnetik yang telah dikembangkan, termasuk dalam kriteria baik untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran alternatif sebagai sarana untuk memfasilitasi pemahaman siswa (hasil rata-rata prosentase dari ahli materi, ahli media dan uji coba siswa adalah 89,43%).

Animasi simulasi komputer dan demonstrasi mampu mereduksi miskonsepsi siswa pada konsep induksi elektromagnetik. Dalam penelitian ini, prosentase siswa yang terdiagnosis miskonsepsi mengalami penurunan sebesar 11,11%. Namun, secara kualitatif tidak ada pengurangan profil miskonsepsi konsep induksi elektromagnetik yang dialami siswa.

Daftar Pustaka

- [1] I. Mursalin, *Profil Kinerja Guru Bimbingan dan Konseling Sekolah Menengah Atas Negeri* thesis, Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
- [2] S. Paul, *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*, Jakarta : Grasindo, 2013.
- [3] E. Van den Berg, *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi*, Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana, 1991.
- [4] Sutrisno, *Fisika dan Pembelajarannya*, Bandung : UPI, 2006.
- [5] D. Hammer, "More Than Misconceptions : Multiple Perspective on Student Knowledge and Reasoning, and an Appropriate Role for Education Research", *Am. J. Phys.*, 64(10), pp. 1316 – 1325, 1996.
- [6] A. Jihad, *Evaluasi Pembelajaran*, Yogyakarta : Multi Press, 2009.