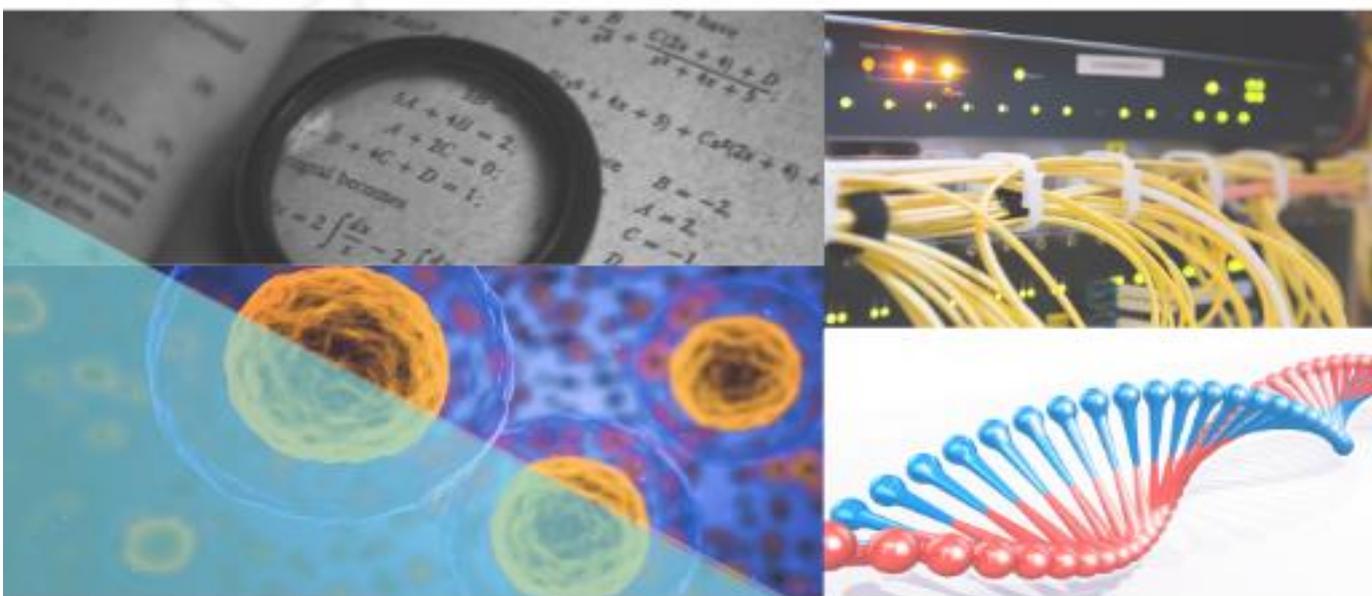


Panduan Penulisan Bahan Ajar IPA Berbasis STREAM (Science, Technology, Religion, Engineering and Mathematics)



Penulis :

Dr. Wahyuni Handayani, M.T

Dr. Tri Wahyu Agustina, M.Pd.



**SENTRA
PUBLIKASI
INDONESIA**



**Panduan Penulisan Bahan Ajar IPA Berbasis STREM
(Science, Technology, Religion, Engineering, and Mathematics)**

Dr. Wahyuni Handayani, M.T.
Dr. Tri Wahyu Agustina, M.Pd

CV. Sentra Publikasi Indonesia

Panduan Penulisan Bahan Ajar IPA Berbasis STREM (Science, Technology, Religion, Engineering, and Mathematics)

Penulis:

Dr. Wahyuni Handayani, M.T.

Dr. Tri Wahyu Agustina, M.Pd

ISBN: 978-623-98721-2-0

Penyunting:

Dr. Irvan Permana, M.Pd

Desain Sampul dan Tata letak:

Muhammad Ghilman Firdaus

Penerbit:

CV. Sentra Publikasi Indonesia

Jl. A.H. Nasution No. 35, Kel. Cipadung, Kec. Cibiru, Kota Bandung,

Prov. Jawa Barat. Kode Pos 40614 Telp. 085723885877/ 081931341818

Bekerja sama dengan

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jl. A.H. Nasution No. 105, Kel. Cipadung, Kec. Cibiru, Kota Bandung Jawa Barat.

Cetakan pertama, November 2021

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas Rahmat dan Ridho-Nya, **Panduan Pembelajaran “Menulis Bahan Ajar IPA berbasis STREM (*Science-Technology-Religion-Engineering-Mathematics*)** dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai bentuk tanggungjawab pendidikan dan layanan pembelajaran pada Mata Kuliah Pilihan Pembelajaran IPA Terpadu untuk mahasiswa calon guru IPA pada semester VII.

Buku diharapkan dapat membekali keterampilan menulis bahan ajar IPA untuk calon guru IPA. Mahasiswa calon guru IPA akan terlatih dalam berpikir faktual, konseptual, procedural dan metakognisi sekaligus menghasilkan produk yang kreatif berbasis STREM sebagai bentuk keterampilan abad 21. Buku ini dilengkapi dengan tugas kinerja yang harus dilakukan mahasiswa calon guru untuk menulis bahan ajar IPA.

Tim penyusun menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan buku panduan penulisan bahan ajar ini, oleh karena itu sangat diharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Tim penyusun mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UIN Sunan Gunung Djati yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui Litapdimas ongoing tahun 2021, termasuk pimpinan universitas, fakultas, jurusan, program studi, dan para dosen-staff di Pendidikan Biologi dan Pendidikan Fisika atas bantuan dan dorongan dalam menyelesaikan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan kebaikan dan manfaat kepada mahasiswa calon guru IPA dan para pembaca umumnya.

Bandung, 12 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Kata pengantar	1
Daftar Isi	2
Fungsi dan Manfaat Penulisan Bahan Ajar	3
Dimensi Pengetahuan dalam Bahan Ajar	9
Multimodus Representasi dalam Penulisan Bahan Ajar	18
Prosedur Menulis Bahan Ajar	28
Bahan Ajar Berbasis STREM.....	35
Contoh Bahan Ajar Berbasis STREM.....	48
Daftar Pustaka	64

KEGIATAN BELAJAR I

Fungsi dan Manfaat Penulisan Bahan Ajar

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar satu ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menjelaskan kompetensi guru dalam menulis bahan ajar secara tepat
2. Menjelaskan lima fungsi penulisan bahan ajar bagi guru dan siswa secara tepat
3. Menjelaskan tiga manfaat penulisan bahan ajar bagi guru dan siswa secara tepat

B. Uraian Materi

1. Pengantar

Saat ini bahan ajar yang sesuai dengan kurikulum sudah banyak tersedia namun demikian bukan berarti guru tidak perlu mengembangkan bahan ajar sendiri. Bagi siswa, seringkali bahan ajar yang terlalu banyak membuat mereka bingung, oleh karena itu guru perlu membuat bahan ajar sebagai pedoman belajar bagi siswa. Pertimbangan lain perlunya guru mengembangkan bahan ajar adalah karakteristik siswa. Bahan ajar yang dikembangkan orang lain seringkali tidak cocok untuk siswa kita. Ada sejumlah alasan ketidakcocokan, misalnya, lingkungan sosial, geografis, budaya, tahapan perkembangan siswa, kemampuan awal yang telah dikuasai, minat, latar belakang keluarga dll. Bahan ajar yang dikembangkan sendiri dapat disesuaikan dengan karakteristik siswa. Pengembangan bahan ajar harus memperhatikan tuntutan kurikulum, artinya bahan ajar yang akan dikembangkan harus sesuai dengan kurikulum. Pada kurikulum tingkat

satuan pendidikan, standar kompetensi lulusan telah ditetapkan oleh pemerintah, namun bagaimana untuk mencapainya dan apa bahan ajar yang digunakan diserahkan sepenuhnya kepada para guru. Dalam hal ini, guru dituntut untuk mempunyai kemampuan mengembangkan bahan ajar sendiri.

Salah satu faktor penting yang berpengaruh dalam keberhasilan pendidikan menyeluruh adalah kemampuan dan keberhasilan guru merancang bahan ajar yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari silabus, yakni perencanaan, prediksi dan proyeksi tentang aktivitas yang akan dilakukan pada saat kegiatan pembelajaran. Bahan ajar merefleksikan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang harus dikuasai oleh peserta didik dalam upaya memenuhi standar kompetensi yang ditetapkan. Bahan ajar menempati posisi penting dari keseluruhan kurikulum yang harus dipersiapkan agar pelaksanaan pembelajaran dapat mencapai sasaran yang sesuai dengan kompetensi dasar, artinya bahan ajar harus benar-benar menunjang tercapainya indikator pembelajaran. Bahan ajar dipilih seoptimal mungkin untuk membantu peserta didik dalam mencapai kompetensi dasar. Aspek yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan bahan ajar adalah jenis, cakupan, urutan dan perlakuan terhadap bahan ajar tersebut. Agar guru dapat membuat persiapan yang berdaya guna dan berhasil guna, maka guru dituntut memahami aspek-aspek yang berkaitan dengan pengembangan bahan ajar serta mengukur efektivitas bahan ajar yang dikembangkannya.

Selaras dengan tuntutan kompetensi yang harus dimiliki guru yaitu kompetensi pedagogik, kepribadian, sosial dan profesional, maka keterampilan menulis bahan ajar merupakan salah satu kewajiban yang diemban guru untuk mengembangkan kompetensi yang dimilikinya yang akhirnya dapat meningkatkan eksistensi sebagai guru profesional.

Pengembangan bahan ajar terkait erat dengan kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Pengembangan bahan ajar harus memperhatikan pencapaian standar kompetensi, kesesuaian dengan bahan pokok yang diajarkan, mendukung pengalaman belajar dan sesuai dengan indikator asesmen. Beberapa rambu-rambu yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan bahan ajar antara lain : 1) Analisis bahan ajar yang akan dikembangkan, 2) Mengelola bahan ajar yang akan dikembangkan, 3) Menyesuaikan bahan ajar yang dikembangkan dengan indikator asesmennya. Pengetahuan guru tentang sasaran pembelajaran, kedalaman dan keluasan bahan ajar yang dikembangkan, kemampuan menentukan referensi penulisan bahan ajar, kemampuan mengemas bahan ajar, dan kemampuan mengaitkan konsep dengan peristiwa dalam kehidupan diperlukan oleh guru ketika akan mengembangkan bahan ajar.

Pengembangan bahan ajar harus dapat menjawab atau memecahkan masalah ataupun kesulitan dalam belajar. Kesulitan tersebut dapat saja terjadi karena bahan pelajaran yang diajarkan abstrak, rumit, asing, dsb. Untuk mengatasi kesulitan ini maka perlu dikembangkan bahan ajar yang tepat. Apabila topik atau bahan pelajaran yang akan disampaikan bersifat abstrak, maka bahan ajar harus mampu membantu siswa menggambarkan sesuatu yang abstrak tersebut, misalnya dengan penggunaan gambar, foto, bagan, skema, dll. Demikian pula bahan pelajaran yang rumit, harus dapat dijelaskan dengan cara yang sederhana, sesuai dengan tingkat berfikir siswa, sehingga menjadi lebih mudah dipahami.

2. Fungsi dan Manfaat Penulisan Bahan Ajar

Menulis materi ajar merupakan keterampilan yang penting dikuasai oleh setiap guru di Indonesia karena menulis materi ajar adalah salah satu

dari tugas pokok yang harus dilakukan oleh guru selama masa tugas mengajarnya. Hal tersebut dinyatakan dalam Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No 16 tahun 2007 yang mengatur tentang standar nasional kualifikasi dan kompetensi guru, dimana ditentukan bahwa setiap guru wajib memenuhi standar kualitas akademik dan kompetensi. Standar kompetensi guru terdiri dari empat kompetensi utama yaitu kompetensi pedagogik, kepribadian, sosial dan profesional. Kompetensi profesional yang harus dipenuhi oleh guru diantaranya ialah mengembangkan materi pembelajaran yang diampu secara kreatif. Karakteristik siswa harus menjadi pertimbangan utama bagi guru dalam mengembangkan materi ajar. Materi ajar yang dikembangkan orang lain seringkali tidak cocok untuk siswa kita. Banyak ditemukan penyajian konten dalam buku teks hanya terkait dengan pemahaman penulis sendiri. Berdasarkan analisis terhadap buku teks tersebut dan wawancara dengan penulis terungkap pemahaman yang buruk tentang model dan analogi yang digunakan dalam buku-buku teks, serta bagaimana siswa belajar dari buku teks tersebut. Penelitian yang telah dilakukan dalam menganalisis bahan ajar yang digunakan di SMA, menemukan fakta bahwa bahan ajar yang digunakan mencakup topik berlevel rendah, hanya fokus kepada persamaan matematika, kurang mempertimbangkan prioritas utama siswa tentang sains, miskin akan penjelasan sains yang berhubungan dengan kejadian dunia nyata, dan memberikan siswa sedikit kesempatan untuk mengembangkan suatu penjelasan dari sebuah kejadian.

Bahan ajar adalah salah satu komponen rencana pembelajaran yang penting dari semua isi kurikulum. Bahan ajar memiliki peran penting dalam pembelajaran, yaitu dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran. Di kelas guru lebih banyak berperan sebagai fasilitator yang membantu dan

mengarahkan siswa dalam belajar. Dengan memanfaatkan bahan ajar yang telah dirancang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, siswa diarahkan menjadi pembelajar aktif karena mereka dapat membaca atau mempelajari bahan yang ada dalam bahan ajar terlebih dahulu sebelum mengikuti pembelajaran di kelas. Dengan demikian, pada saat pembahasan bahan ajar di kelas, siswa sudah siap dengan bekal informasi dan pengetahuan yang cukup. Waktu belajar yang tersedia tidak lagi digunakan guru untuk menjelaskan bahan ajar secara panjang lebar tetapi lebih banyak digunakan untuk diskusi dan membahas bahan-bahan tertentu yang belum dipahami siswa.

Pedoman Umum Pemilihan dan Pemanfaatan Bahan Ajar (Ditjen Dikdasmen, 2004) menyatakan bahwa fungsi bahan ajar (bahan ajar) dapat dilihat dari sudut pandang pembuat bahan ajar, yakni guru dan dari sudut pengguna, yakni siswa. Fungsi bahan ajar bagi guru dan bagi siswa diperlihatkan pada Tabel 1.1 dan manfaat bahan ajar bagi guru dan siswa diperlihatkan pada Tabel 1.2

Tabel 1.1 Fungsi Bahan Ajar

Fungsi Bahan Ajar	
Bagi Siswa	Bagi Guru
<ul style="list-style-type: none"> • Siswa mampu belajar mandiri, tanpa guru atau teman • Siswa bisa belajar setiap saat di setiap tempat. • Siswa mampu belajar secepat kemampuannya. • Siswa bisa belajar menurut urutan pilihannya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu dimanfaatkan secara optimal • Peran guru berubah dari pengajar menjadi fasilitator • Proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif • Pedoman untuk guru dalam semua aktivitas proses pembelajaran

<ul style="list-style-type: none"> • Siswa mengembangkan potensi dalam belajar mandiri 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjadi alat evaluasi dalam pencapaian atau penguasaan pembelajaran
---	---

Tabel 1.2 Manfaat Bahan Ajar

Manfaat Bahan Ajar	
Bagi Siswa	Bagi Guru
<ul style="list-style-type: none"> • Pembelajaran berubah menjadi menarik • Siswa punya banyak waktu dalam belajar mandiri • Siswa mudah mempelajari kompetensi yang harus dikuasai 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru terbantu dalam pembelajaran oleh bahan ajar • Bahan ajar adalah prestasi kerja guru dalam bentuk karya tulis. • Bahan ajar bisa dikumpulkan dan diterbitkan menjadi buku

C. Tugas

Buatlah bahan ajar IPA SMP sesuai kurikulum yang berlaku (kurikulum 2013 yang direvisi). Bahan ajar tersebut merupakan salah satu perangkat pembelajaran yang akan digunakan untuk satu kali pertemuan. Bahan ajar yang ditulis sebagai bentuk produk kinerja yang akan diasses awal (penilaian awal) untuk mengukur keterampilan menulis bahan ajar IPA.

KEGIATAN BELAJAR II

Dimensi Pengetahuan dalam Bahan Ajar

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar dua ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menyebutkan empat komponen dalam dimensi pengetahuan secara tepat
2. Menjelaskan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif secara tepat
3. Memberikan masing-masing dua contoh pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognisi pada pokok bahasan yang terdapat pada kurikulum IPA SMP (kurikulum 2013 revisi) secara tepat
4. Menganalisis komponen pengetahuan faktual, konsep, prosedural dan metakognitif dalam bahan ajar secara tepat
5. Membuat dua-tiga indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dari Kompetensi Dasar (KD) yang sesuai dengan pembelajaran IPA di SMP/MTs untuk satu kali pertemuan sesuai materi yang ditugaskan

B. Uraian Materi

1. Dimensi Pengetahuan dalam Bahan Ajar

Pandangan konstruktivisme telah diterima secara luas dalam bidang pendidikan. Pandangan ini mengasumsikan bahwa setiap individu adalah pembelajar yang aktif dan menyadarkan bahwa guru dan siswa membangun pemahaman sendiri dari aktivitas-aktivitas pembelajaran dan peristiwa-peristiwa yang dialami di kelas. Pemahaman yang dibangun oleh guru dan siswa tentang bahan pelajaran bisa saja berbeda dengan konsep-konsep yang normatif dan

otentik. Namun, menerima pandangan kognitif dan konstruktif bukan berarti bahwa pengetahuan tidak perlu diajarkan atau sebaliknya semua pengetahuan harus diajarkan di kelas. Guru harus membuat keputusan tentang aspek-aspek yang perlu dan tidak perlu diajarkan berlandaskan pada tujuan pendidikan.

Dalam memandu pembelajaran guru memutuskan aspek-aspek yang perlu atau tidak perlu diajarkan, ada empat jenis pengetahuan yang diklasifikasikan berdasarkan tujuan pendidikan. Keempat jenis pengetahuan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor bahan pelajaran, pandangan guru tentang siswa, cara belajar siswa dan pandangan guru tentang mata pelajaran. Selain itu keempat jenis pengetahuan ini bermanfaat untuk memikirkan dan merencanakan pengajaran. Mengingat banyaknya tipe-tipe pengetahuan, khususnya dalam pengembangan psikologi kognitif, maka secara umum pengetahuan dapat diklasifikasikan ke dalam empat tipe yaitu faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif.

a. Pengetahuan Faktual

Pengetahuan faktual adalah pengetahuan tentang elemen-elemen dasar yang harus diketahui oleh siswa jika siswa ingin mempelajari suatu ilmu atau jika siswa ingin menyelesaikan masalah dalam sebuah disiplin ilmu. Pengetahuan faktual mencakup pengetahuan tentang terminologi (misalnya: kosa kata dan simbol) dan detail-detail elemen.

Contoh pengetahuan faktual : Dalam pembelajaran tentang gunung berapi, siswa diminta mengumpulkan 32 istilah, lalu menggunakan istilah-istilah tersebut untuk menamai bagian-bagian dari gunung berapi yang digambar oleh siswa. Selanjutnya

siswa diminta untuk menyebutkan jenis-jenis dan ciri-ciri batu yang bersifat vulkanik. Terakhir siswa diminta menyebutkan posisi mereka saat ini terhadap sebuah gunung berapi atau patahan lempeng bumi.

b. Pengetahuan Konseptual

Pengetahuan konseptual adalah Pengetahuan tentang hubungan antar elemen dalam sebuah struktur yang memungkinkan siswa memahami bahwa elemen-elemen tersebut berfungsi secara bersama-sama membentuk sebuah struktur. Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan yang lebih tertata dalam menghubungkan fakta-fakta ke dalam sebuah ide sehingga terefleksikan kesamaan antara pengetahuan yang dimiliki oleh siswa dengan pengetahuan pakar. Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan dalam menyatukan/mengorganisasi fakta-fakta secara sistematis. Pengetahuan konseptual mencakup pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori, prinsip dan generalisasi, teori, model dan struktur. Pengetahuan tentang teori, model dan struktur adalah landasan bagi pengetahuan konseptual. Dalam pelajaran Fisika pengetahuan tentang prinsip, hukum dan azas juga termasuk dalam aspek pengetahuan konseptual.

Contoh pengetahuan konseptual : Dalam pembelajaran tentang gunung berapi, siswa diminta menjelaskan peristiwa yang terjadi pada letusan gunung berapi menggunakan teori gerakan lempeng bumi. Selanjutnya siswa diminta mengklasifikasikan batuan, menentukan jenis dan kategori batuan, mencocokkan batuan dengan deskripsi setiap jenis batuan.

c. Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural adalah pengetahuan tentang cara melakukan sesuatu, mempraktekkan metode, dan kriteria untuk menggunakan keterampilan, algoritma, teknik dan metode. Pengetahuan prosedural mencakup pengetahuan tentang keterampilan, teknik, metode, dan kriteria penggunaan prosedur. Pengetahuan prosedural dapat digali dengan mengajukan pertanyaan “bagaimana langkah-langkah”

Contoh Pengetahuan prosedural : Dalam pembelajaran tentang gunung berapi, siswa diminta menjelaskan cara-cara mengumpulkan batuan, menentukan umur batuan dan cara menentukan jarak batuan yang ditemukan terhadap jarak gunung berapi pada peta berskala.

d. Pengetahuan Metakognitif

Pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan tentang kognisi diri sendiri, pengetahuan yang berasal dari diri siswa tentang bagaimana memahami strategi-strategi mana yang paling efektif dan mana yang tidak efektif. Pengetahuan metakognitif diases dalam aktivitas diskusi dengan menerapkan berbagai strategi. Pengetahuan faktual dapat digali dengan mengajukan pertanyaan “mengapa”

2. Analisis Bahan Ajar dalam Merancang Bahan Ajar

Isi materi ajar mencerminkan komunikasi antara guru dan siswa dalam bentuk komunikasi tertulis. Informasi yang disampaikan harus dipahami oleh kedua belah pihak. Guru sebagai pemberi informasi harus memahami karakteristik siswa. Agar materi ajar yang ditulis guru tepat

sasaran dan dipahami oleh siswa, maka guru harus memahami dengan baik karakteristik siswanya. Misalnya jika siswa belum memiliki pengetahuan awal yang memadai sebagai pengetahuan prasyarat bagi materi pokok, maka guru menjelaskan pengetahuan awal tersebut terlebih dahulu. Dalam tahap perencanaan ada sebuah teknik yang dapat dilakukan oleh guru, yaitu membuat analisis materi ajar. Dalam lembar analisis ini guru merancang aspek-aspek pedagogik yang terdiri dari pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. Pengetahuan faktual adalah pengetahuan tentang elemen dasar yang harus diketahui oleh siswa jika siswa ingin mempelajari suatu ilmu atau jika siswa ingin menyelesaikan masalah dalam sebuah disiplin ilmu. Pengetahuan faktual mencakup pengetahuan tentang terminologi (misal : kosa kata dan simbol) dan detail-detail elemen. Contoh pengetahuan faktual dalam pembelajaran listrik statis : menyebutkan istilah dalam listrik statis seperti muatan listrik positif dan negatif, benda bermuatan dan benda netral. Selanjutnya menggunakan istilah-istilah tersebut untuk menamai benda bermuatan yang digambar sendiri oleh siswa serta menyebutkan jenis-jenis dan ciri-ciri benda bermuatan.

Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan tentang hubungan antar elemen dalam sebuah struktur yang memungkinkan siswa memahami bahwa elemen tersebut berfungsi bersama-sama membentuk sebuah struktur. Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan yang lebih tertata dalam menghubungkan fakta-fakta ke dalam sebuah ide sehingga terefleksikan kesamaan antara pengetahuan yang dimiliki oleh siswa dengan pengetahuan pakar. Pengetahuan konseptual ialah pengetahuan dalam menyatukan/mengorganisasikan fakta secara sistematis. Pengetahuan konseptual mencakup pengetahuan tentang klasifikasi dan

kategori, prinsip dan generalisasi, teori, model dan struktur. Pengetahuan tentang teori, model dan struktur adalah landasan bagi pengetahuan konseptual. Dalam pelajaran fisika pengetahuan tentang prinsip, hukum dan azas juga termasuk dalam aspek pengetahuan konseptual. Contoh pengetahuan konseptual dalam pembelajaran listrik statis : siswa diminta menjelaskan peristiwa gaya tarik-menarik atau gaya tolak-menolak pada muatan-muatan listrik menggunakan gaya Coulomb. Selanjutnya siswa diminta menjelaskan interaksi muatan tersebut dikaitkan dengan Hukum III Newton.

Pengetahuan prosedural adalah pengetahuan tentang cara melakukan sesuatu, mempraktikkan metode, dan kriteria untuk menggunakan keterampilan, algoritma, teknik dan metode. Pengetahuan prosedural mencakup pengetahuan tentang keterampilan, teknik dan metode, dan kriteria penggunaan prosedur. Pengetahuan prosedural dapat digali dengan mengajukan pertanyaan “bagaimana langkah-langkah”. Contoh pengetahuan prosedural dalam pembelajaran listrik statis : siswa diminta melakukan langkah-langkah hitung vektor untuk menjumlahkan dua atau lebih vektor gaya interaksi dari muatan-muatan listrik.

Pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan tentang kognisi diri sendiri, pengetahuan yang berasal dari diri siswa tentang bagaimana memahami strategi-strategi yang efektif dan mana yang tidak efektif. Pengetahuan metakognitif dinilai dalam aktivitas diskusi dengan menerapkan berbagai strategi. Guru menggali informasi tentang strategi yang digunakan siswa dalam menghafal nama hukum, rumus, dan bagian lainnya.

Dalam menyajikan bahan ajar, guru harus memperhatikan kebutuhan peserta didik. Dalam hal ini guru harus memperhatikan urutan penyajian

agar dapat membantu siswa dalam mencapai kompetensi. Urutan penyajian berguna untuk menentukan urutan proses pembelajaran. Jika materi pelajaran memerlukan pengetahuan prasyarat maka sebaiknya materi prasyarat disampaikan lebih dulu untuk mengantarkan pada materi pokok yang akan dipelajari. Materi prasyarat juga mencakup dimensi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural juga mencakup konsep, prinsip/hukum, teori, model dan/atau prosedur matematika.

Dalam menentukan cakupan atau ruang lingkup materi ajar selain harus diperhatikan dimensi pengetahuannya juga harus memperhatikan prinsip yang perlu digunakan dalam menentukan cakupan materi ajar yang terkait dengan keluasan, kedalaman dan urutan penyajian materinya. Keluasan cakupan materi menggambarkan berapa banyak materi yang harus dikuasai oleh siswa. Kedalaman materi terkait dengan rincian konsep-konsep yang terkandung di dalamnya yang harus dikuasai oleh siswa. Konsep listrik statis misalnya diajarkan di tingkat SD, SMP dan SMA juga di tingkat perguruan tinggi, namun keluasan dan kedalaman materi yang harus dikuasai siswa di setiap jenjang pendidikan berbeda-beda. Semakin tinggi jenjang pendidikan maka semakin luas pula cakupan dan semakin rinci pula aspek yang dipelajari.

Kecukupan atau memadainya cakupan materi juga perlu diperhatikan. Memadai atau tidaknya cakupan materi ajar akan membantu tercapainya penguasaan kompetensi dasar yang telah ditentukan. Cakupan atau ruang lingkup materi ajar perlu ditentukan untuk mengetahui apakah materi yang akan diajarkan terlalu banyak, kurang atau telah memadai sehingga terjadi kesesuaian dengan kompetensi dasar yang ingin dicapai. Urutan penyajian berguna untuk menentukan urutan proses pembelajaran. Urutan yang tepat, jika di

antara beberapa materi ajar mempunyai hubungan yang bersifat prasyarat, akan memudahkan siswa dalam belajar. Siswa akan lebih mudah memahami suatu konsep tertentu apabila penjelasan dimulai dari yang mudah atau sesuatu yang kongkret, sesuatu yang nyata ada di lingkungan mereka. Untuk menjelaskan konsep gaya Coulomb, maka mulailah siswa diajak untuk mengenal tentang peristiwa kejutan listrik ketika mereka menyentuh benda yang terbuat dari logam atau peristiwa tentang sisir yang dapat menarik serpihan kertas. Setelah itu, kita bisa membawa mereka untuk berbicara tentang berbagai jenis gaya interaksi pada tingkat atom. Dalam menulis materi ajar hindari menulis dengan hanya menyalin atau memindahkan materi dari buku. Sampaikan materi seolah-olah sedang berkomunikasi dengan siswa. Materi harus mencakup kompetensi yang ingin dicapai, jelas dan berurutan serta perlu adanya pembahasan tentang kaitan antara konsep yang dipelajari dengan fenomena yang terjadi dan dialami oleh siswa. Untuk itu, pembahasan bahan perlu menyertakan pembahasan yang bersifat kontekstual.

Guru harus memiliki kesadaran bahwa kemampuan siswa dalam memahami bahan ajar beragam. Bahan ajar yang direpresentasikan dalam bentuk teks yang dilengkapi dengan persamaan matematika, selain hanya dapat memfasilitasi siswa yang memiliki gaya belajar verbal juga memiliki keterbatasan dalam menjelaskan konsep IPA yang umumnya bersifat abstrak. Oleh karena itu selain disajikan representasi teks dan persamaan matematika, maka uraian bahan dilengkapi pula dengan representasi gambar, diagram, tabel atau grafik.

C. Tugas

1. Buatlah Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dari Kompetensi Dasar (KD) yang sesuai dengan pembelajaran IPA di SMP/MTs. Lalu diskusikan dengan teman tentang kelayakan IPK yang Anda buat untuk mencapai KD bagi siswa SMP/MTs
2. Buat analisis terhadap dimensi pengetahuan. Lakukan analisis dengan cara melengkapi Tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Analisis Bahan Ajar

Dimensi Pengetahuan	Bahan Ajar Prasyarat	Bahan Ajar Pokok
Faktual		
Konseptual		
Prosedural		
Metakognitif		

KEGIATAN BELAJAR III

Multimodus Representasi dalam Penulisan Bahan Ajar

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar dua ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menyebutkan lima jenis modus representasi secara tepat
2. Menjelaskan peran penting penggunaan multimodus representasi dalam bahan ajar secara tepat
3. Memberikan dua contoh multimodus representasi dalam bahan ajar secara tepat pada pokok bahasan yang terdapat pada kurikulum IPA SMP (kurikulum 2013 revisi) secara tepat
4. Menganalisis komponen multimodus representasi dalam bahan ajar secara tepat

B. Uraian Materi

1. Multimodus Representasi dan Penulisan Materi Ajar

Guru yang menulis materi ajar untuk siswa adalah komunikasi dalam sains yang memerlukan bahasa khusus sains seperti simbol dan visual. Guru sains harus memiliki keterampilan menulis materi ajar untuk mengomunikasikan konsep-konsep fisika secara jelas dan mudah dipahami oleh siswa. Untuk mengomunikasikan konsep sains sehingga siswa dapat menangkap makna atau arti spesifik yang dimaksud maka penulis harus menggabungkan beberapa modus representasi yang membentuk satu kesatuan yang koheren karena siswa akan mengalami kesulitan dalam mengekspresikan konsepsi mereka jika hanya menggunakan satu modus representasi. Terdapat tiga tipologi model

dalam buku teks sains. Tipologi ini terdiri atas model matematika dan teori, model analog, dan model yang menggambarkan berbagai konsep seperti peta dan diagram. Para peneliti sepakat bahwa kemampuan kognitif siswa akan meningkat jika guru menerapkan model ini dalam pembelajaran di kelas. Peneliti juga sepakat bahwa penggunaan multimodus representasi memainkan peran penting dalam membantu siswa membangun pengetahuan yang mendalam dalam bidang sains. Multirepresentasi yang diajarkan dan dikenalkan oleh guru melalui instrumen berbasis teknologi dapat meningkatkan pemahaman konsep sains siswa. Teori *dual-coding* yang dikembangkan oleh Paivio menjadi landasan bagi pengembangan konsep multimodus representasi, yaitu bahwa gambar yang disertakan dengan teks dapat memberikan efek peningkatan dalam penyimpanan memori dibandingkan dengan teks saja. Para peneliti saat ini setuju bahwa disiplin ilmu harus dipahami secara historis sebagai pengembangan dan integrasi wacana multi-modal di mana mode yang berbeda melayani kebutuhan yang berbeda dalam kaitannya dengan penalaran dan perekaman pertanyaan ilmiah. Dengan cara ini, mode matematika, verbal dan grafik telah digunakan secara individual dan dengan cara yang terkoordinasi untuk mewakili klaim pengetahuan wacana sains, dengan representasi sains yang dimediasi teknologi yang lebih baru yang konsisten, dengan evolusi sains sebagai sebuah disiplin. Maka, siswa harus belajar perihal sifat multi-modal representasi yang disyaratkan dalam penyelidikan ilmiah dan mode yang berbeda.

Guru disebut profesional, termasuk guru fisika, adalah guru yang memahami kapasitas kemampuan siswanya yang beragam dalam memahami uraian materi pelajaran. Pada saat membangun eksplanasi,

multimodus representasi seharusnya sering digunakan. Sebagai contoh, untuk memberikan penjelasan tentang sistem yang kompleks, guru menyajikan gambar setiap komponen sistem diikuti dengan struktur diagram yang menunjukkan cara sistem bekerja secara keseluruhan. Selanjutnya hubungan antara representasi yang berbeda ditampilkan agar siswa mendapat kerangka konseptual yang konsisten sehingga dapat digunakan kembali dalam situasi yang baru. Keterampilan guru tersebut jika diterapkan dalam penulisan materi ajar maka penjelasan konsepnya harus direpresentasikan dalam multimodus representasi. Representasinya sekaligus dalam dua atau lebih jenis representasi yang berbeda. Misalnya modus representasi teks yang dilengkapi dengan gambar, diagram batang dan persamaan matematika.

Akan tetapi meskipun penggunaan teks harus diintegrasikan dengan penggunaan berbagai modus representasi yang sesuai secara bersamaan, namun penulis materi ajar harus memperhatikan hal berikut:

- Pada waktu merepresentasi konsep yang sama dengan berbagai cara, penulis harus mengenali kekuatan dan kelemahan representasi yang berbeda itu.
- Pada waktu merepresentasi konsep yang sama dengan berbagai modus representasi, penulis harus membuat koneksi antara modus yang berbeda tersebut
- Penulis harus mengenali konsep yang tidak mudah, untuk memahaminya diperlukan representasi dalam modus visual selain modus teks.
- Membuat beberapa representasi konsep yang sama secara berurutan sehingga secara progresif mengembangkan dan memperjelas konsep yang disampaikan.

- Memahami mengapa jenis mode representasi tertentu lebih baik dari jenis mode representasi yang lain.
- Mengenali kapan sekelompok mode yang berbeda diperlukan untuk menyampaikan informasi tentang konsep tertentu secara tepat dan akurat

Gambar yang merepresentasikan sebuah konsep fisika, mencerminkan informasi yang terkandung dalam tulisan. Representasi gambar menyediakan tautan yang potensial ke informasi tertulis yang ditulis untuk pembaca, tautan tersebut mengarah pada pemrosesan informasi yang mendalam. Ketika penulis materi ajar membuat atau memilih representasi visual yang akurat untuk menyertai teks verbal, merupakan indikasi bahwa penulis materi ajar memiliki tingkat pemahaman konsep yang lebih baik.

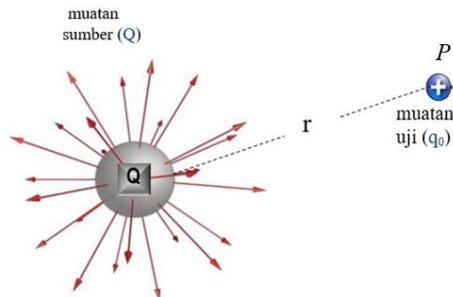
Gambar atau diagram piktorial, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, menyediakan struktur untuk mengatur informasi tertulis (ilustrasi langkah-langkah secara berurutan). Gambar yang bersifat organisasional memberikan tautan potensial ke informasi tertulis yang sesuai dengannya dan karena tautan tersebut harus dihasilkan sebagian oleh pembaca, kemungkinan menghasilkan pemrosesan informasi yang lebih dalam daripada tautan yang dibuat oleh gambar representasional. Diagram piktorial harus diintegrasikan dengan informasi verbal untuk interpretasi optimal dari teks multimedia. Ketika penulis mahasiswa calon guru memilih atau membuat representasi organisasi yang secara akurat mencerminkan informasi verbal dan menanamkan representasi tersebut, ada kemungkinan bahwa peserta didik menunjukkan pemahaman konseptual.

Untuk merepresentasikan atau merepresentasikan ulang (re-representasi) sebuah topik atau sub-pokok bahasan fisika maka perlu pengetahuan dan keterampilan dalam membuat multimodus representasi. Multimodus representasi ialah penggabungan dua atau lebih modus representasi. Contohnya representasi verbal dalam bentuk teks dengan satu atau lebih jenis-jenis visualisasi. Pada penelitian ini multimodus representasi ialah menjelaskan sebuah topik atau subpokok bahasan dengan cara mengintegrasikan modus representasi verbal (teks/narasi) dengan satu atau lebih modus representasi visual sehingga dihasilkan uraian tertulis yang kohesif. Berikut ini contoh multimodus representasi konsep medan listrik.

2. Gabungan Modus Representasi Teks dengan Representasi Gambar

Modus representasi teks yang dilengkapi dengan modus representasi gambar akan memudahkan pemahaman konsep medan listrik bagi siswa yang kemampuan imajinasinya rendah. Dengan menyertakan representasi visual berupa modus representasi gambar dan mengintegrasikannya dengan modus representasi teks, maka konsep medan listrik dalam multimodus representasi disajikan seperti tampak pada Gambar 3.1

Bagaimana kita dapat mengetahui kuat medan listrik yang dihasilkan benda bermuatan ? Untuk mengetahui kuat medan listrik muatan $+Q$ (muatan sumber), kita harus meletakkan muatan lain di suatu titik tertentu misalnya titik P yang jaraknya r . Muatan lain ini disebut muatan uji ($+q_0$). Muatan dan massa $+q_0$ harus jauh lebih kecil dibandingkan $+Q$, agar efek medan listrik $+q_0$ tidak mempengaruhi medan listrik $+Q$.



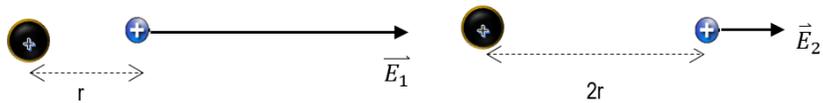
Gambar 3.1. Gabungan Modus Teks dan Modus Gambar

3. Gabungan Modus Representasi Teks dengan Modus Representasi Diagram Piktorial

Modus representasi teks yang dilengkapi dengan modus representasi diagram piktorial memudahkan pemahaman konsep fisika yang berkaitan dengan urutan peristiwa suatu fenomena. Dalam konsep medan listrik gabungan modus representasi teks dengan modus representasi diagram piktorial adalah seperti Gambar 3.2

Definisi kuat medan listrik dinyatakan sebagai berikut, “Kuat medan listrik dari suatu muatan sumber (yang dirasakan oleh muatan uji) sebanding dengan besarnya muatan (sumber) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan sumber dengan muatan uji”.

Dapat kita pahami jika mula-mula jarak muatan sumber dengan muatan uji adalah r , maka kuat medan listrik yang terukur adalah \vec{E}_1 seperti tampak pada Gambar (a). Jika jarak muatan sumber dengan muatan uji menjadi $2r$, maka kuat medan listrik yang terukur adalah $\vec{E}_2 = 1/4 \vec{E}_1$ seperti tampak pada Gambar (b)



Gambar (a)

Gambar (b)

Gambar 3.2 Gabungan Modus Teks dengan Modus Diagram

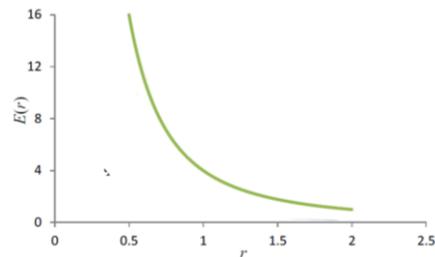
4. Representasi Tabel dan Grafik

Modus representasi tabel dan grafik umumnya berkaitan dengan data berbentuk angka. Kedua modus representasi tersebut memudahkan dalam melihat hubungan antar-variabel. Dalam konsep medan listrik gabungan modus representasi teks dengan modus representasi tabel dan grafik seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3

Jika letak titik yang akan kita tentukan kuat medannya diubah-ubah, maka kita akan peroleh kuat medan yang berubah-ubah pula. Hal ini diperlihatkan pada Tabel 1. Grafik perubahan kuat medan listrik (E) terhadap jarak (r) diperlihatkan pada Gambar 8 berikut ini:

Tabel 1. Perubahan Kuat Medan Listrik (E) terhadap Jarak (r)

Muatan (Coulomb)	Jarak (meter)	E (N/C)
+2Q	0,5	8
+2Q	1	2
+2Q	2	1/2
+2Q	4	1/8



Gambar 8. Grafik perubahan kuat medan dan listrik (E) terhadap jarak (r)

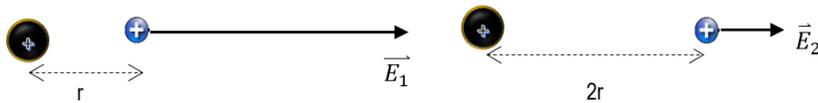
Gambar 3.3 Gabungan Modus Representasi Teks dengan Modus Representasi Tabel dan Grafik

5. Gabungan Modus Representasi Teks dengan Modus Representasi Diagram Piktorial dan Persamaan Matematika

Untuk lebih memperjelas pengertian berbanding terbalik pada definisi kuat medan listrik, maka perlu digabungkan modus representasi persamaan matematika dengan modus representasi diagram piktorial, seperti tampak pada Gambar 3.4.

Definisi kuat medan listrik dinyatakan sebagai berikut, “Kuat medan listrik dari suatu muatan sumber (yang dirasakan oleh muatan uji) sebanding dengan besarnya muatan (sumber) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan sumber dengan muatan uji”.

Dapat kita pahami jika mula-mula jarak muatan sumber dengan muatan uji adalah r , maka kuat medan listrik yang terukur adalah \vec{E}_1 seperti tampak pada Gambar (a). Jika jarak muatan sumber dengan muatan uji menjadi $2r$, maka kuat medan listrik yang terukur adalah $\vec{E}_2 = 1/4 \vec{E}_1$ seperti tampak pada Gambar (b)



Gambar (a)

Gambar (b)

Dalam persamaan matematika, definisi kuat medan listrik dinyatakan sebagai berikut:

$$E \propto Q \text{ dan } E \propto \frac{1}{r^2}$$

Kuat medan listrik E diturunkan dari gaya Coulomb yaitu $E = \frac{F}{q_0}$.

Maka kita peroleh persamaan kuat medan listrik, yaitu:

$$E = \frac{F}{q_0} = k \frac{Q q_0}{r^2} \frac{1}{q_0}$$

Dari sini kita peroleh persamaan matematika untuk kuat medan listrik:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Gambar 3.4. Modus Representasi Persamaan Matematika Dengan Modus Representasi Diagram Piktorial

C. Tugas

1. Berikan dua contoh multimodus representasi dalam bahan ajar secara tepat pada pokok bahasan yang terdapat pada kurikulum IPA SMP (kurikulum 2013 revisi) secara tepat

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Menganalisis komponen multimodus representasi dalam bahan ajar secara tepat

.....

.....

.....

.....

KEGIATAN BELAJAR IV

Prosedur Menulis Bahan ajar

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar tiga ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menjelaskan tentang lima strategi menulis secara tepat
2. Menjelaskan tentang tiga prosedur menulis bahan ajar secara tepat
3. Membuat satu bagan konsep secara tepat
4. Menguraikan konsep-konsep dalam representasi teks dan visual secara tepat

B. Uraian Materi

1. Strategi Menulis Secara Umum

Pengembangan bahan ajar harus dilakukan berdasarkan suatu proses yang sistematis agar kesahihan dan kepercayaan bahan ajar dapat dijamin. Upaya meningkatkan kinerja agar terampil menjadi penulis ahli di berbagai bidang tugas fisik dan kognitif adalah melalui kegiatan praktik penerapan pembelajaran menulis dengan pendekatan atau strategi proses. Metode pengembangan keterampilan melalui praktik menggunakan strategi proses melibatkan (1) pengerahan upaya untuk meningkatkan kinerja, (2) motivasi agar penulis mau terlibat dalam tugas, (3) latihan tugas yang berada dalam jangkauan tingkat kemampuan individu, (4) umpan balik untuk meningkatkan pengetahuan, dan (5) penugasan yang dilakukan secara berulang.

Penelitian telah membuktikan bahwa menggunakan strategi *planning-translating-revising* dapat mengelola beban kognitif secara

efektif dalam menulis. Perencanaan (*planning*) melibatkan perumusan tujuan menulis bersamaan dengan pengembangan dan organisasi ide. Translasi (*translating*) mengacu pada konversi ide menjadi bentuk linguistik yang dilakukan dalam *working memory*, yang kemudian dieksternalisasi dalam bentuk teks tertulis melalui proses transkripsi, yang melibatkan pengambilan simbol ortografis (misalnya ejaan) dan pelaksanaan gerakan motorik untuk menghasilkan tulisan. Revisi (*revising*) meliputi pemantauan, evaluasi, dan mengubah teks tertulis yang dihasilkan.

Pada tahap perencanaan fokus aktivitas adalah pengembangan isi dan ide. Tahap perencanaan meliputi aktivitas : memilih topik, mengumpulkan dan mengorganisasikan ide, mengidentifikasi audiens dan tujuan aktivitas menulis, memilih bentuk tulisan yang tepat sesuai dengan audiens dan tujuan menulis. Pada tahap translasi penulis diarahkan untuk mengembangkan keterampilan menulisnya dengan memperhatikan aturan retorik dan pilihan bahasa. Berdasarkan aturan retorik penulis menyesuaikan pilihan kata sesuai respek audiens, tujuan dan bentuk tulisan. Tahap translasi yang disebut juga *drafting* diarahkan pada kegiatan membuat *draft* kasar, tulisan selalu harus diarahkan pada minat pembaca yang ditujunya, dan lebih ditekankan pada isi dari pada mekanik. Aktivitas yang dilakukan pada tahap revisi meliputi revisi dan *highlighting*. Pada aktivitas revisi penulis memperoleh tanggapan dari instruktur atau sesama penulis, bertanya, mengembangkan dan atau menjelaskan, mencocokkan dengan kriteria tertentu, memeriksa dan menyempurnakan tulisan. Proses revisi dilaksanakan dengan memberikan balikan atau *feed back* secara lisan dan tertulis.

2. Prosedur Penulisan Bahan ajar

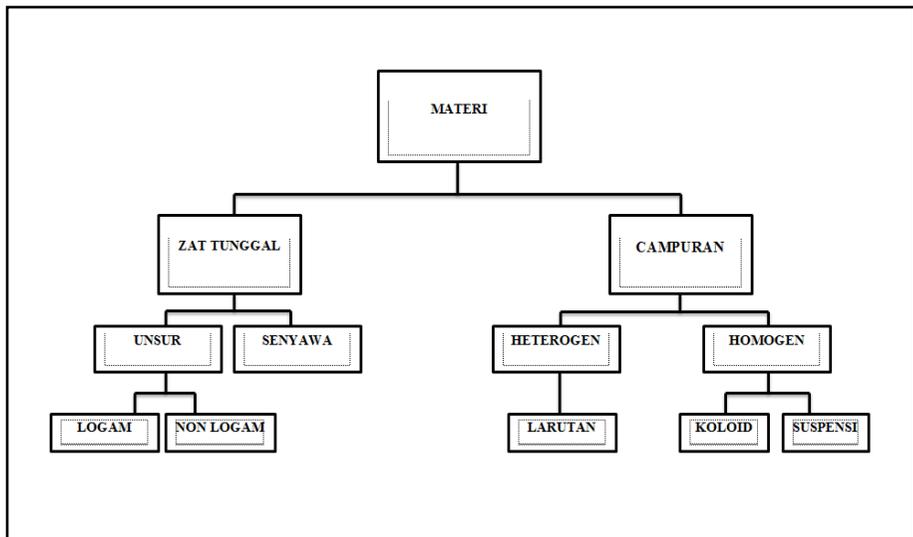
Menulis bahan ajar berbeda dengan menulis pada umumnya. Dalam menulis bahan ajar seorang guru dituntut untuk memahami kapasitas kemampuan siswa yang diajarnya yang memiliki kemampuan beragam dalam memahami uraian materi pelajaran. Sebagai sebuah bentuk komunikasi tertulis, bahan ajar yang ditulis oleh guru secara spesifik bertujuan untuk memfasilitasi belajar siswa yang diajarnya. Bahan ajar yang dikembangkan orang lain seringkali tidak cocok untuk siswa kita. Ada sejumlah alasan ketidakcocokan, misalnya, lingkungan sosial, geografis, budaya, tahapan perkembangan siswa, kemampuan awal yang telah dikuasai, minat, latar belakang keluarga dll. Pengembangan bahan ajar harus dapat menjawab atau memecahkan masalah ataupun kesulitan dalam belajar. Kesulitan tersebut dapat saja terjadi karena materi pelajaran yang diajarkan abstrak, rumit, asing, dsb. Untuk mengatasi kesulitan ini maka perlu dikembangkan materi ajar yang tepat.

Pengembangan bahan ajar perlu dilakukan secara sistematis berdasarkan langkah-langkah yang saling terkait untuk menghasilkan bahan ajar yang bermanfaat. Sama halnya dengan strategi menulis secara umum, maka menulis bahan ajar dilakukan dalam tiga tahap yaitu perencanaan, translasi, dan revisi.

a. Tahap Perencanaan

Aktivitas yang harus dilakukan oleh guru pada tahap perencanaan adalah : a) menetapkan kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD), b) menetapkan indikator pencapaian kompetensi (IPK), c) mencari dan membaca sumber-sumber referensi untuk menulis termasuk sumber-sumber referensi tentang miskonsepsi terkait materi yang akan ditulis, d) melakukan analisis materi ajar dan e) membuat

bagian konsep. Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah dalam membuat bagan konsep saja, karena aspek lainnya sudah dijelaskan pada KB sebelumnya. Contoh bagan konsep IPA pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Contoh Bagan Konsep IPA (Sumber Gambar:

<https://slideplayer.info>)

Bagan konsep dibuat adalah agar dapat dihasilkan uraian materi ajar dengan tingkat kedalaman yang sesuai dengan KD dan IPK. Untuk dapat membuat bagan konsep penulis bahan ajar harus membaca sumber-sumber referensi terkait bahan ajar yang akan ditulisnya. Sebaiknya penulis bahan ajar menggunakan sumber penulisan bahan ajar secara bervariasi sehingga dapat dihasilkan validitas yang tinggi. Selain itu, kemutakhiran bahan pelajaran diharapkan sesuai dengan perkembangan terkini. Bagan konsep disusun secara hierarki dari konsep umum ke khusus. Strategi yang

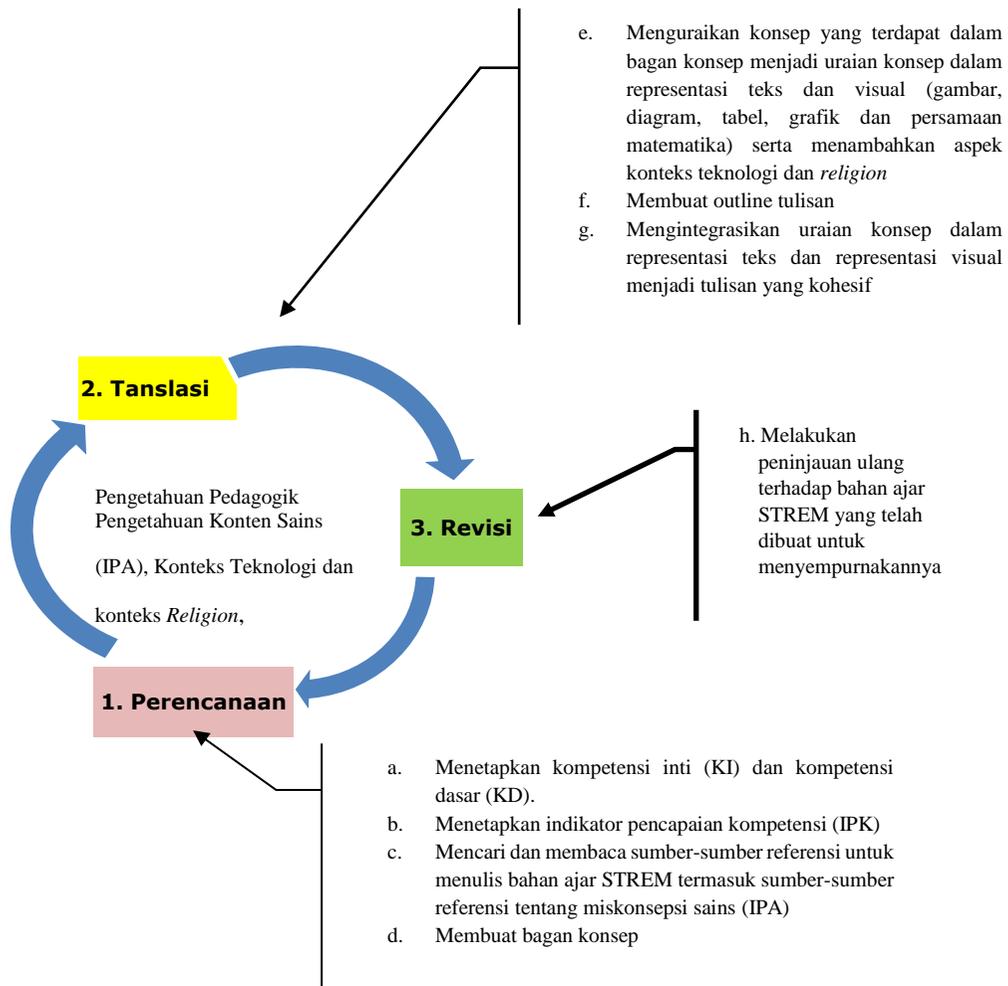
dapat dilakukan dalam membuat bagan konsep adalah : 1) setelah membaca berbagai referensi dan membuat ringkasan dari bahan ajar yang akan ditulis, 2) menandai konsep-konsep yang ada dalam ringkasan tersebut, 3) menetapkan konsep umum, konsep kurang umum dan contoh-contoh, dan 4) menyusun konsep-konsep yang telah ditetapkan dari konsep umum ke konsep kurang umum.

b. Tahap Translasi

Aktivitas yang harus dilakukan oleh guru pada tahap translasi adalah : a) menguraikan konsep-konsep penting menjadi uraian konsep dalam representasi teks dan representasi visual, b) membuat *outline* tulisan, c) mengintegrasikan uraian konsep dalam representasi teks dan representasi visual menjadi tulisan yang kohesif.

c. Tahap Revisi dan Evaluasi

Materi ajar yang telah selesai dibuat perlu ditinjau lagi untuk menyempurnakannya, apakah telah memenuhi seluruh komponen yang harus ada. Pada tahap revisi aktivitas yang dilakukan meliputi revisi dan *highlighting*. Dalam aktivitas revisi penulis memperoleh tanggapan dari instruktur atau sesama penulis, bertanya, mengembangkan dan atau menjelaskan, mencocokkan dengan kriteria tertentu, memeriksa dan menyempurnakan tulisan. Proses revisi dilaksanakan dengan memberikan balikan atau *feed back* secara lisan dan tertulis. Tahap menulis bahan ajar disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Tahap-tahap Menulis Bahan Ajar IPA (Sumber Gambar : diadaptasi dari Handayani dkk, 2020)

Evaluasi merupakan proses untuk memperoleh beragam reaksi dari berbagai pihak terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Reaksi ini hendaknya dipandang sebagai masukan untuk memperbaiki bahan ajar dan menjadikan bahan ajar lebih berkualitas. Evaluasi

sangat diperlukan untuk melihat efektifitas bahan ajar yang dikembangkan. Apakah bahan ajar yang dikembangkan dapat digunakan untuk belajar, dapat dibaca dengan baik dan dapat membelajarkan peserta didik. Di samping itu evaluasi diperlukan untuk memperbaiki bahan ajar sehingga menjadi bahan ajar yang baik.

C. Tugas

1. Buatlah bagan konsep sesuai dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan.
2. Uraikan konsep-konsep yang ada menjadi uraian dalam representasi teks dan visual (Gambar/Diagram/Tabel/Grafik). Gunakan Tabel 4.1 berikut ini untuk membantu menguraikan konsep dan visualisasi.

Tabel 4.1. Deskripsi Teks dan Visualisasi

Aspek	Deskripsi Teks dalam Pengetahuan	Visualisasi
Sains	Faktual:	
	Konseptual:	
	Prosedural:	
	Metakognitif:	

KEGIATAN BELAJAR V

Bahan Ajar Berbasis STREM

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar empat ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menjelaskan tentang konsep STEM dan STREM secara tepat
2. Menjelaskan tentang bahan ajar berbasis STREM secara tepat
3. Menjelaskan lima aspek dalam bahan ajar secara tepat
4. Menulis bahan ajar berbasis STREM sesuai arahan dosen.

B. Uraian Materi

1. Konsep STREM (*Science, Technology, Religion, Engineering and Mathematics*)

Tujuan pendidikan STEM (*Science, Technology, Religion, Engineering, and Mathematics*), adalah agar siswa memiliki pengetahuan, sikap dan keterampilan untuk mengidentifikasi masalah dalam kehidupan, menjelaskan fenomena alam, mendesain dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti mengenai isu-isu terkait STEM. Siswa-siswa yang belajar dengan menggunakan pendekatan STEM diharapkan menjadi : (1) Pemecah masalah, mampu menyelesaikan masalah yang rumit dan kemudian mampu menerapkan pemahaman dan pembelajaran untuk situasi yang baru; (2) Pembaharu, memiliki kemampuan untuk melakukan investigasi terhadap suatu permasalahan; (3) Penemu, mampu dan kreatif dalam menciptakan sesuatu sesuai dengan kebutuhan dunia; (4) Percaya diri, mandiri dan mampu mengatur serta mengembangkan diri sendiri untuk mendapatkan kepercayaan diri, dan

bekerja dalam jangka waktu tertentu; (5) Berpikiran secara logis, mampu memberikan pemikiran-pemikiran yang logis secara matematis dan dapat digunakan untuk segala profesi di seluruh dunia serta mampu membuat hubungan dalam memahami suatu pengaruh fenomena alam; (6) Memahami teknologi, yang berhubungan dengan alam dan mampu menerapkannya dengan tepat; (7) Peserta pendidikan STEM yang menjadi penghubung antara pendidikan STEM di sekolah dan di tempat kerja; (8) Mampu menghubungkan budaya dan sejarah dalam pendidikan.

Pengintegrasian ilmu pengetahuan alam, teknologi, rekayasa, dan matematika atau STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dalam pembelajaran diyakini dapat meningkatkan kualitas hasil pembelajaran, sehingga pendidikan berbasis STEM ini berkembang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir. Sains merupakan kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi dan pengukuran, sebagai wahana untuk menjelaskan secara obyektif alam yang selalu berubah. Terdapat beberapa domain utama dari sains pada jenjang pendidikan dasar dan menengah, yakni fisika, biologi, kimia, serta ilmu pengetahuan kebumih dan antariksa. Teknologi adalah tentang inovasi-inovasi manusia yang digunakan untuk memodifikasi alam agar memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia. Sepanjang sejarah, manusia telah menciptakan teknologi untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan mereka. Teknologi membuat manusia dapat melakukan perjalanan secara cepat, berkomunikasi langsung dengan orang di tempat berjauhan, mendapati makanan yang sehat, serta alat-alat keselamatan. Teknik adalah pengetahuan dan keterampilan untuk memperoleh dan mengaplikasikan pengetahuan ilmiah, ekonomi, sosial, serta praktis

untuk mendesain dan mengkonstruksi mesin, peralatan, sistem, material, dan proses yang bermanfaat bagi manusia secara ekonomis dan ramah lingkungan. Matematika adalah ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, serta menyediakan bahasa bagi teknologi, sains, dan teknik.

Dalam bidang pendidikan di Indonesia, sikap keagamaan menjadi aspek yang mengemuka saat ini, yang direfleksikan dalam Kompetensi Inti (KI) pertama. Dalam mata pelajaran IPA tingkat SMP/MTs, Kompetensi Dasar 1.1 adalah “mengagumi keteraturan dan kompleksitas ciptaan Tuhan tentang aspek fisik dan kimiawi, kehidupan dalam ekosistem, dan peranan manusia dalam lingkungan serta mewujudkannya dalam pengamalan ajaran agama yang dianutnya”. Tujuan membentuk manusia beriman, bertaqwa dan berakhlak mulia dinyatakan dalam UU Sisdiknas No. 20 Tahun 2003. Kedua aspek tersebut menjadi landasan kuat tentang perlunya merealisasikan pembelajaran IPA yang berlandaskan pada nilai-nilai keimanan. Sejalan dengan hal tersebut, basis ilmu yang berkembang di UIN Sunan Gunung Djati Bandung bahwa pengetahuan sains semestinya dipandu oleh wahyu (dalam hal ini ajaran Islam/religion). Pemanduan tersebut dinyatakan dalam istilah “Wahyu Memandu Ilmu”. Tujuan pemanduan tersebut supaya jangan sampai ada pengetahuan science yang bertentangan dengan Tuhan (wahyu/religion). Dengan demikian, aspek religion dengan paradigma “Wahyu Memandu Ilmu” adalah dengan menjadikan sains tetap berlandaskan pada Al-Qur’an, hadits Rasulullah Muhammad SAW dan pemikiran para ulama-ilmuwan muslim. Pendidikan sains haruslah dilandasi keyakinan bahwa segala sesuatu ciptaan Allah dan milik Allah sehingga manusia memiliki tugas untuk memanfaatkan sumber daya alam (SDA) untuk kesejahteraan bersama. Untuk

mewujudkan pendidikan nasional yang bertujuan membentuk manusia beriman, bertaqwa dan berakhlak mulia maka diperlukan pendidikan STEM yang mengandung muatan sikap (pendidikan karakter) dan dilandasi paradigma “Wahyu Memandu Ilmu”. Salah satu caranya adalah dengan memadukannya dengan aspek religion (R). Sehingga pembelajaran IPA (sains) berbasis STEM dalam kaitannya dengan pendidikan karakter dan dilandasi paradigma “Wahyu Memandu Ilmu” menjadi pembelajaran sains berbasis STREM (*Science, Technology, Religion, Engineering, Mathematics*).

2. Bahan Ajar Berbasis STREM (*Science, Technology, Religion, Engineering, and Mathematics*)

Salah satu aspek dalam kurikulum adalah bahan ajar. Pembelajaran IPA menjadi sarana agar siswa melek STEM. Melek STEM antara lain : pertama, pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk mengidentifikasi pertanyaan dan masalah dalam situasi kehidupannya, menjelaskan fenomena alam, mendesain, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti mengenai isu-isu terkait STEM. Kedua, memahami karakteristik fitur-fitur disiplin STEM sebagai bentuk-bentuk pengetahuan, penyelidikan serta desain yang digagas manusia. Ketiga, kesadaran mengenai disiplin-disiplin STEM yang membentuk lingkungan material, intelektual dan kultural. Keempat, mau terlibat dalam kajian isu-isu terkait STEM (keterbatasan energi, perubahan cuaca, mitigasi bencana, pengembangan kompetensi) sebagai warga negara yang konstruktif, peduli, serta reflektif dengan menggunakan gagasan-gagasan science, technology, engineering dan mathematics.

Di sekolah khususnya di madrasah pembelajaran STEM ini seharusnya tidak terlepas dari muatan-muatan tauhid dan menjadi salah satu sarana penanaman akhlak (sikap) sehingga dapat menghantarkan siswa semakin bertambah keimanannya kepada Allah. Penjelasan tentang manfaat teknologi dan fenomena alam seharusnya diikuti juga dengan dorongan untuk mensyukurinya karena semua itu adalah nikmat Allah yang diberikan kepada manusia. Bahkan nikmat Allah yang tidak berwujud teknologi yang memberi banyak manfaat bagi manusia. Untuk mendukung pembelajaran IPA bermuatan tauhid, maka para guru khususnya di lembaga pendidikan keislaman (madrasah) perlu menyiapkan perangkat pembelajarannya. Salah satu perangkat pembelajaran adalah bahan ajar yang memuat aspek-aspek STREM (*Science, Technology, Religion, Engineering, Mathematics*).

Aspek-aspek *Science, Technology, Engineering, Mathematics* memberikan peluang kepada siswa tentang konsep, prinsip dan teknik dari STEM dapat digunakan secara terintegrasi dalam kehidupan sehari-hari mereka. Sementara itu aspek Religion menghantarkan siswa semakin bertambah keimanannya kepada Allah. Bagi seorang muslim tidak ada satu pun dari bidang kehidupan yang tidak memiliki kaitan dengan agama. Setiap pemikiran seorang muslim harus selalu dilandasi oleh ajaran agama dengan penuh keyakinan. Memandang sains tanpa mengaitkan dengan agama dianggap sebagai pandangan yang bertentangan dengan nilai-nilai Islam, karena Islam bukanlah agama yang mengatur urusan ibadah saja namun merupakan sebuah jalan hidup yang lengkap dan melingkupi segala aspek kehidupan. Kesatuan agama dan sains terjuwud dalam ajaran-ajaran Islam baik dalam al-Qur'an, hadits dan pandangan ulama. Pembelajaran IPA dapat menjadi sarana

penanaman nilai-nilai Islam melalui penjelasan fenomena alam sehingga menghantarkan siswa semakin bertambah keimanannya kepada Allah dan bertambah baik ibadah serta akhlakunya.

Konsep penambahan aspek *religion* ke dalam bahan ajar IPA yang bertujuan untuk memperkaya pengetahuan siswa dilakukan dengan tetap mengacu pada kurikulum yang berlaku artinya kompetensi dasar, tujuan pembelajaran dan materi pembelajaran tetap sama. Pendekatan yang dilakukan pada dasarnya adalah memperkaya kandungan bahan ajar dengan menambahkan pernyataan-pernyataan yang mengandung nilai keimanan dan menambahkan konsep-konsep yang sesuai dengan pandangan Islam. Berikut ini adalah contoh deskripsi tentang tubuh manusia yang dikutip dari buku IPA kelas IX dan bagaimana menambahkan pernyataan yang mengandung aspek religion dalam deskripsi tersebut, “Tubuh manusia terdiri atas organ-organ tubuh yang masing-masing memiliki fungsi tertentu. Agar organ-organ tubuh dapat bekerja sama dengan baik, diperlukan adanya koordinasi”. Untuk memasukkan unsur penanaman nilai keimanan kepada Allah ke dalam kalimat tersebut dapat disisipkan kata Allah dan sifat *rububbiyah* Nya menjadi, “**Allah telah menciptakan** manusia terdiri atas organ-organ tubuh yang masing-masing memiliki fungsi tertentu. Agar organ-organ tubuh dapat bekerja sama dengan baik, **Dia memberikan kemampuan** untuk dapat berkoordinasi satu dengan lainnya”.

3. Aspek-Aspek Pengembangan Bahan Ajar

Pengembangan bahan ajar dilakukan berdasarkan suatu proses yang sistematis agar kesahihan (validitas) dan keterpercayaan bahan ajar dapat dijamin. Ada beberapa faktor yang dapat berpengaruh terhadap kualitas

bahan ajar dan harus selalu diperhatikan dalam proses pengembangan bahan ajar, yaitu: a) kesesuaian dengan kurikulum, b) kedalaman uraian materi, c) keruntutan penjabaran materi, d) ketetapan penjabaran materi, e) bahasa dan ilustrasi.

a. Kesesuaian dengan Kurikulum

Sebelum menentukan materi pembelajaran terlebih dahulu perlu diidentifikasi aspek-aspek kompetensi inti dan kompetensi dasar yang harus dipelajari atau dikuasai siswa. Aspek tersebut perlu ditentukan, karena setiap aspek kompetensi inti dan kompetensi dasar memerlukan jenis materi yang berbeda-beda dalam kegiatan pembelajaran. Sejalan dengan berbagai jenis aspek standar kompetensi, materi pembelajaran juga dapat dibedakan menjadi jenis materi aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Materi pembelajaran aspek kognitif secara terperinci dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu : fakta, konsep, prinsip dan prosedur.

b. Kedalaman Uraian Materi

Kedalaman materi menyangkut seberapa detail konsep-konsep yang terkandung di dalamnya harus dipelajari/dikuasai oleh siswa, sedangkan keluasan cakupan materi berarti menggambarkan berapa banyak materi-materi yang dimasukkan ke dalam suatu materi pembelajaran, Prinsip berikutnya adalah prinsip kecukupan (*adequacy*).

Kecukupan (*adequacy*) atau memadainya cakupan materi juga perlu diperhatikan dalam pengertian. Cukup tidaknya aspek materi dari suatu materi pembelajaran akan sangat membantu tercapainya penguasaan kompetensi dasar yang telah ditentukan. Cakupan atau ruang lingkup materi perlu ditentukan untuk mengetahui apakah

materi yang harus dipelajari oleh murid terlalu banyak, terlalu sedikit, atau telah memadai sehingga sesuai dengan kompetensi dasar yang ingin dicapai

c. Keruntutan Penjabaran Materi

Keruntutan dalam penjabaran materi adalah penjabaran materi dalam sub-topik diawali dari fakta menuju kepada konsep yang sudah dikenal atau sudah dipelajari siswa dan dilanjutkan dengan menjelaskan konsep yang belum dikenal dan akan dipelajari. Keruntutan penyajian isi bahan ajar mempermudah siswa dalam belajar, dan juga menuntun siswa untuk terbiasa berpikir runtut.

Keruntutan diperlukan jika di antara beberapa materi pembelajaran mempunyai hubungan yang bersifat prasyarat (*prerequisite*). Keruntutan akan memudahkan siswa dalam mempelajarinya. Misalnya materi operasi bilangan penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Siswa akan mengalami kesulitan mempelajari perkalian jika materi penjumlahan belum dipelajari. Siswa akan mengalami kesulitan membagi jika materi pengurangan belum dipelajari. Materi pembelajaran yang sudah ditentukan ruang lingkup serta kedalamannya dapat diurutkan melalui dua pendekatan pokok, yaitu : pendekatan prosedural, dan hierarkis.

Pendekatan prosedural yaitu urutan materi ajar secara prosedural menggambarkan langkah-langkah secara urut sesuai dengan langkah-langkah melaksanakan suatu tugas. Misalnya langkah-langkah menelpon, langkah-langkah mengoperasikan peralatan kamera video. Sedangkan pendekatan hierarkis menggambarkan urutan yang bersifat berjenjang dari bawah ke atas

atau dari atas ke bawah. Materi sebelumnya harus dipelajari dahulu sebagai prasyarat untuk mempelajari materi berikutnya.

d. Ketepatan Penjabaran Materi

Konsep-konsep IPA yang ditulis dalam bahan ajar tidak boleh mengandung konsep yang salah, hal ini mengandung arti bahwa bahan ajar yang ditulis harus menunjukkan validitas atau kesahihan isi yang tinggi. Berbagai sumber referensi dapat digunakan untuk mendukung pengembangan/penulisan bahan ajar agar bahan ajar tersebut validitasnya tinggi. Namun perlu diingat, pemilihan sumber referensi harus selalu mengacu pada kompetensi dasar yang ingin dicapai. Selain buku teks beberapa sumber referensi dapat digunakan, antara lain laporan hasil penelitian, jurnal, majalah ilmiah, kajian pakar bidang studi, buku, situs internet, multimedia, lingkungan dan informasi dari narasumber. Referensi yang berasal dari artikel ilmiah yang diterbitkan dalam jurnal, dapat menjadi panduan untuk menghindari kesalahan konsep dalam bahan ajar. Dengan membaca artikel tersebut maka penulis bahan ajar akan mendapat informasi tentang kesalahan pemahaman terhadap konsep-konsep fisika yang dialami oleh siswa, sehingga kesalahan pemahaman terhadap konsep dapat dihindari.

e. Bahasa dan Ilustrasi

Penggunaan bahasa, yang meliputi pemilihan ragam bahasa, pemilihan kata, penggunaan kalimat efektif, dan penyusunan paragraf yang bermakna, sangat berpengaruh terhadap manfaat bahan ajar. Walaupun isi bahan ajar yang disusun sudah cermat, menggunakan format yang konsisten, serta dikemas dengan

menarik, namun jika bahasa yang digunakan tidak dimengerti oleh peserta, maka bahan ajar tersebut tidak akan bermakna apa-apa.

Bahan ajar yang baik diharapkan dapat memotivasi siswa untuk membaca, mengerjakan tugas-tugasnya, serta menimbulkan rasa ingin tahu siswa untuk melakukan eksplorasi lebih lanjut tentang topik yang dipelajarinya. Dengan demikian, ragam bahasa yang digunakan dalam bahan ajar biasanya ragam bahasa komunikatif yang lugas dan luwes. Dalam bahasa komunikatif, pembaca diajak untuk berdialog secara intelektual melalui sapaan, pertanyaan, ajakan, dan penjelasan, seolah-olah dialog dengan orang kedua itu benar-benar terjadi. Penggunaan bahasa komunikatif akan membuat siswa merasa seolah-olah berinteraksi (*pseudo-interaction*) dengan gurunya sendiri melalui tulisan-tulisan yang disampaikan dalam bahan ajar.

Ragam bahasa komunikatif yang sebaiknya digunakan dalam penulisan atau pengembangan bahan ajar sangat dipengaruhi oleh pemilihan kata serta penggunaan kalimat yang efektif. Walaupun ragam bahasa komunikatif yang digunakan, hendaknya kaidah bahasa yang baik dan benar tidak ditinggalkan atau dilanggar. Hal ini sangat perlu sebagai salah satu persyaratan dari keterbacaan bahan ajar yang ditulis atau dikembangkan.

Kata yang dipilih hendaknya jenis kata yang singkat dan lugas, bukan kata atau istilah yang asing atau tidak banyak dikenal peserta. Jika diperlukan pengenalan istilah teknis yang berlaku dalam bidang ilmu tertentu, maka istilah tersebut perlu diberi batasan yang jelas.

Penggunaan kalimat efektif menekankan perlunya penyampaian informasi dilakukan melalui kalimat positif dan aktif, dan sedapat mungkin menghindarkan penggunaan kalimat negatif dan pasif. Kalimat positif dan aktif dipercaya dapat menimbulkan motivasi peserta untuk melakukan tugas-tugas yang ditetapkan dalam bahan ajar, dan lebih mudah dimengerti oleh peserta. Sementara itu penggunaan kalimat negatif dan pasif, kadangkala dapat membingungkan peserta didik. Di samping itu, kalimat dalam bahan ajar hendaknya kalimat sederhana, singkat, jelas dan hanya memiliki makna tunggal untuk setiap kalimat. Kalimat majemuk kadangkala dapat membingungkan peserta didik, sehingga perlu di rinci melalui kalimat-kalimat singkat berikutnya.

Selanjutnya, penyusunan paragraf mempersyaratkan adanya gagasan utama untuk setiap paragraf, serta keterpaduan, keruntutan dan koherensi antar kalimat dalam sebuah paragraf. Gagasan utama, yang berbentuk kalimat topik, dapat ditempatkan di bagian awal maupun akhir paragraf. Gagasan utama dikembangkan atau dijabarkan lebih lanjut dalam rangkaian kalimat yang berhubungan satu sama lain secara terpadu (kohesif) dan kompak atau runtut (koheren). Panjang pendek sebuah paragraf tergantung pada kemampuan penulis dan kebutuhannya. Keruntutan dan kekompakan hubungan antar kalimat dalam sebuah paragraf (koherensi) sangat penting untuk membuat suatu paragraf menjadi bermakna. Pada gilirannya, kalimat yang runtut dan kompak akan memudahkan peserta memahami ide/konsep yang disajikan dalam paragraf tersebut.

Visualisasi digunakan untuk memperjelas pesan atau informasi yang disampaikan. Penggunaan visualisasi dalam bahan ajar memiliki ragam manfaat, antara lain membuat bahan ajar menjadi lebih menarik melalui variasi penampilan. Selain itu, visualisasi dimaksudkan untuk memberi variasi bahan ajar sehingga bahan ajar menjadi menarik, memotivasi, komunikatif, membantu retensi dan pemahaman peserta terhadap isi pesan.

Visualisasi dapat dibuat sendiri oleh guru sebagai pengembang bahan ajar, Namun, visualisasi juga dapat dibuatkan oleh perancang grafis atau pelukis, yang menerjemahkan gambar-gambar yang diinginkan ke dalam ilustrasi yang baik dan tepat. Selain itu, visualisasi juga dapat diambil dari sumber langsung (misalnya foto), sumber atau buku lain (misalnya majalah atau ensiklopedia). Jika visualisasi diperoleh dari sumber atau buku lain, guru berkewajiban memberi penjelasan tentang hal itu dalam bahan ajar yang ditulis.

C. Tugas

1. Dalam uraian bahan ajar yang telah anda buat (Tabel 4.1), tambahkanlah aspek *Technology, Religion, Engineering, Mathematics*. Gunakan Tabel 5.1 untuk menyatakannya.

Tabel 5.1. Uraian Bahan Ajar

Aspek	Deskripsi Teks	Visualisasi
Science	<i>Faktual:</i>	
	<i>Konseptual:</i>	
	<i>Prosedural:</i>	
	<i>Metakognitif:</i>	
Technology		
Engineering		
Mathematics		
Religion		

2. Integrasikan deskripsi teks yang telah anda buat pada Tabel 5.1 menjadi sebuah tulisan yang kohesif dengan dilengkapi visualisasi yang relevan
3. Buatlah bahan ajar IPA Berbasis STREAM yang memadai untuk digunakan dalam pembelajaran IPA pada tingkat SMP/MTs

KEGIATAN BELAJAR VI

Contoh Bahan Ajar Berbasis STREM

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar enam ini, Anda diharapkan dapat menulis bahan ajar berbasis STREM sesuai arahan dosen.

B. Uraian Materi

Dengan menerapkan strategi TS-WS dalam tahap-tahap menulis bahan ajar (lihat Gambar 3.2.) yang secara garis besar terdiri dari tahap perencanaan, translasi dan revisi, maka akan dihasilkan bahan ajar yang sesuai dengan kurikulum yaitu memenuhi standar kompetensi lulusan telah ditetapkan oleh pemerintah, dapat menjawab atau memecahkan masalah ataupun kesulitan dalam belajar dan untuk mengomunikasikan konsep-konsep IPA secara jelas dan mudah dipahami oleh siswa. Berikut ini ada contoh bahan ajar IPA pada KD 3.4. Menjelaskan konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari, termasuk kelistrikan pada sistem saraf dan hewan yang mengandung listrik.

Adapun indikator pencapaian kompetensi adalah:

- 3.4.1. Memberi contoh gejala kelistrikan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari
- 3.4.2. Mengidentifikasi jenis-jenis muatan listrik
- 3.4.3. Menjelaskan interaksi dua muatan listrik
- 3.4.4. Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi besar gaya Coulomb pada dua muatan listrik
- 3.4.5. Menghitung besarnya gaya Coulomb dua muatan listrik

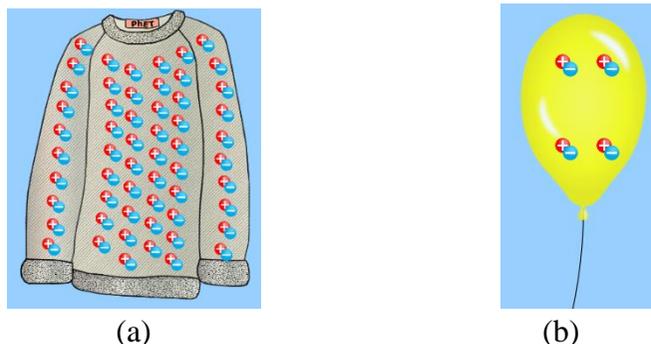
3.4.6.Menganalisis interaksi dua benda bermuatan karena pengaruh jarak

3.4.7.Menjelaskan penggunaan teknologi listrik di lingkungan sekitar

Berikut ini adalah uraian bahan ajar dari KD 3.4. Menjelaskan konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari, termasuk kelistrikan pada sistem saraf dan hewan yang mengandung listrik terkait IPK yang telah diuraikan.

GAYA ELEKTROSTATIS

Pada saat hari cerah, setelah kamu berjalan di luar ruangan lalu kamu masuk ke dalam ruangan ber-AC dan memegang handel pintu. Tiba-tiba kamu merasa ada sesuatu yang menyengat tanganmu. Pernahkah kamu merasakan peristiwa seperti itu ? Peristiwa tersebut dinamai gejala listrik statis. Peristiwa kejutan listrik ini terjadi karena tangan dan handel pintu ingin selalu menempatkan dirinya dalam keadaan netral. Keadaan netral adalah keadaan dimana benda memiliki jumlah muatan positif dan muatan negatif yang sama banyaknya seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

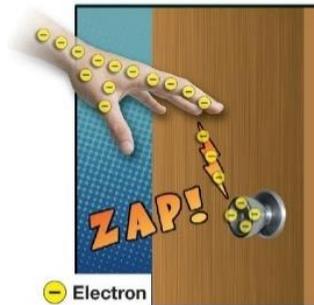


Gambar 1. Benda Netral (Sumber Gambar: <https://phet.colorado.edu>)

(a) Pada baju muatan negatif dan positif sama banyaknya

(b) Pada balon muatan negatif dan positif sama banyaknya

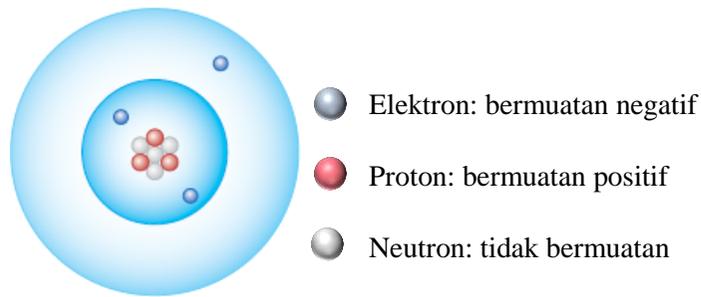
Tanganmu tidak dalam keadaan netral, tanganmu kelebihan muatan negatif. Maka ketika menyentuh handel pintu, sebagian muatan negatifnya berpindah ke handel. Peristiwa penetralan inilah yang dirasakan oleh tangan sebagai kejutan listrik (Gambar 2).



Gambar 2. Peristiwa Kejutan Listrik (Sumber Gambar: <https://phet.colorado.edu>)

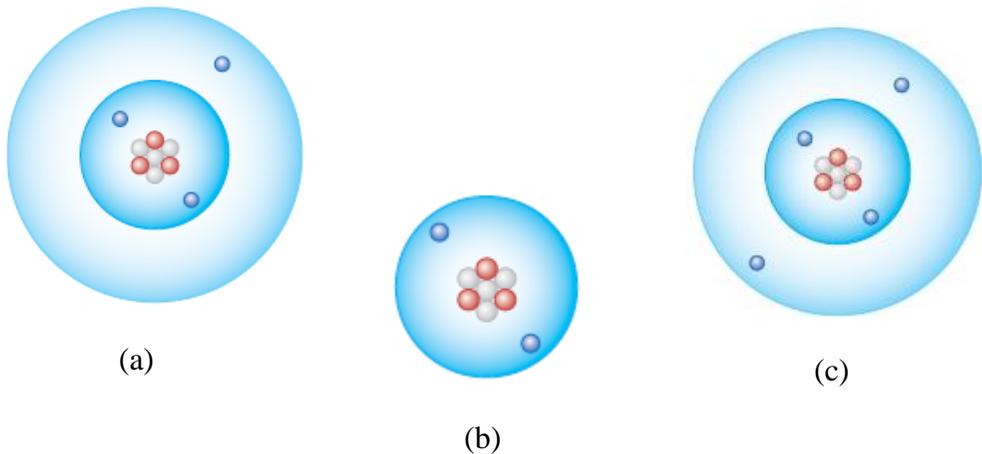
Muatan Listrik

Muatan listrik terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. Orang pertama yang mengamati dan menamai muatan positif dan negatif adalah Benjamin Franklin (1706-1790). Agar kalian memahami tentang muatan positif dan muatan negatif, mari kita pahami dulu komponen-komponen atom. Benda tersusun atas milyaran atom. Atom tersusun atas proton, neutron dan elektron. Atom diilustrasikan seperti Gambar 3. Proton dan neutron terdapat di dalam inti atom, proton bermuatan positif dan neutron tidak bermuatan, sedangkan elektron yang terdapat di kulit atom muatannya negatif.



Gambar 3. Ilustrasi Atom

Dalam kondisi normal, atom selalu netral yaitu jumlah proton dan elektron sama banyaknya. Seperti diperlihatkan pada Gambar 4 (a), dalam sebuah atom netral proton sama banyaknya dengan elektron.

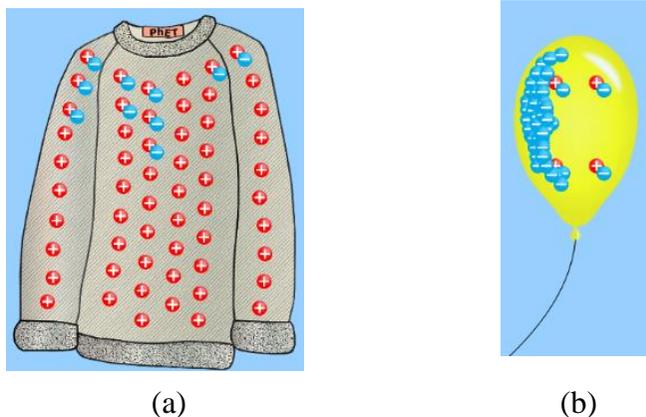


Gambar 4. (a) Atom Netral (b) Ion Positif (c) Ion Negatif

Karena suatu hal misalnya gesekan, elektron dapat meninggalkan atom, sehingga atom kekurangan elektron keadaan ini menjadikan atom bermuatan positif atau disebut atom positif seperti diperlihatkan pada Gambar 4 (b). Jika karena suatu hal atom mendapat tambahan elektron sehingga atom kelebihan elektron maka atom bermuatan negatif dan disebut ion negatif seperti tampak pada Gambar 4 (c). Dengan demikian, ditinjau dari kelistrikannya maka ada tiga keadaan atom yaitu atom netral, ion positif dan ion negatif. Pembentukan

ion positif dan ion negatif dari sebuah atom dikendalikan oleh perindahan elektron. Elektron dapat dengan mudah masuk dan meninggalkan bahan tetapi proton tidak mudah karena terikat di inti atom

Telah kita ketahui bahwa setiap benda tersusun atas milyaran atom-atom. Oleh karena itu, jika pada benda atom-atom penyusunnya lebih banyak ion positif maka dikatakan bahwa benda bermuatan positif dan jika atom-atom penyusun benda lebih banyak ion negatif maka dikatakan bahwa benda bermuatan negatif. Keadaan tersebut ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Benda Bermuatan Listrik (Sumber Gambar:

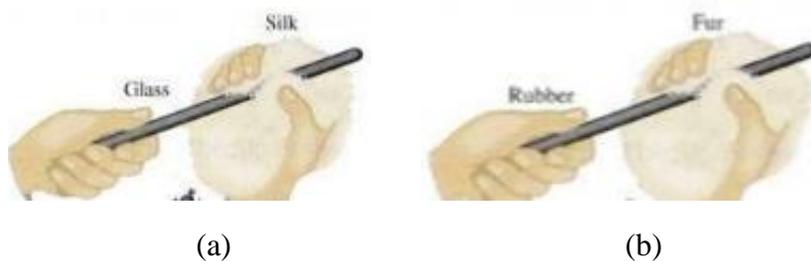
<https://phet.colorado.edu>)

- (a) Baju bermuatan positif
- (b) Balon bermuatan negatif

A. Mengubah Kenetralan Benda

Kita dapat membuat keadaan sebuah benda menjadi tidak netral dengan cara mengubah jumlah elektron pada benda. Mengubah jumlah elektron biasanya disebut *memuati* dan benda yang sudah bermuatan listrik biasanya disebut *muatan*. Salah satu cara memuati dilakukan dengan menggosok benda

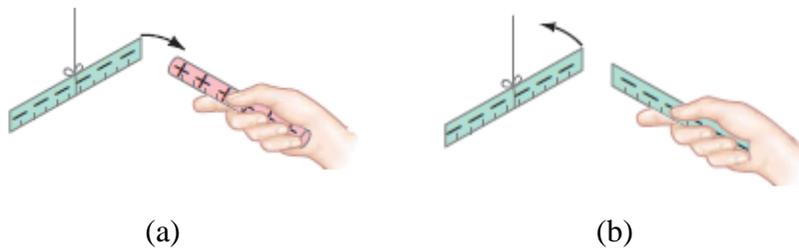
tersebut. Perhatikan dua peristiwa berikut ini seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Menggosok Batang dengan Kain (Sumber Gambar: Tipler P.A & Mosca. G, 2004)

- (a) Batang kaca digosok kain sutra
- (b) Batang plastik digosok kain wol

Gambar 6 adalah gambaran aktivitas menggosok batang plastik dan kaca. Setelah batang plastik digosok dengan kain wol, kemudian didekatkan pada batang kaca yang sudah digosok dengan kain sutra, ternyata kedua batang tersebut tarik-menarik. Sebaliknya, batang plastik yang digosok dengan kain wol dan didekatkan dengan batang plastik lain, ternyata kedua batang plastik tolak-menolak. Demikian pula pada batang kaca, jika keduanya didekatkan maka tolak-menolak. Berdasarkan peristiwa tersebut, maka dinyatakan bahwa muatan pada batang kaca dan muatan pada batang plastik berbeda jenisnya. Dinyatakanlah bahwa batang kaca bermuatan positif sedangkan batang plastik bermuatan negatif seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Peristiwa Tarik-Menarik dan Tolak-Menolak (Sumber Gambar: Tipler P.A & Mosca. G, 2004)

(a) Batang plastik dan batang kaca tarik menarik

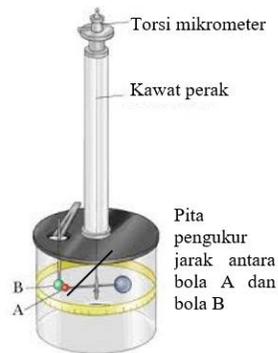
(b) Batang plastik tolak menolak

Menggosok batang gelas dengan sutra mengakibatkan elektron-elektron atom gelas terlepas, dan pindah ke sutra sehingga batang gelas kekurangan elektron dan sutra kelebihan elektron. Mengapa elektron pada atom gelas yang terlepas bukan elektron pada atom sutra ? Hal ini dijelaskan dengan mengaitkannya dengan sifat atom khususnya gaya tarik antara proton di dalam inti atom dengan elektron. Gaya tarik inti tersebut bekerja untuk mengikat elektron agar tidak mudah terlepas dari atom. Kekuatan gaya tarik proton berbeda-beda sesuai sifat masing-masing atom. Elektron-elektron pada atom gelas lebih mudah lepas karena gaya tarik proton pada atom gelas lebih lemah dibandingkan gaya tarik proton atom sutra, oleh karena itu atom gelas lebih mudah kehilangan elektron dibanding atom sutra. Dari pembahasan tersebut, dapat dinyatakan bahwa kekuatan gaya tarik proton atom sutra mampu mengikat elektron yang pindah dari atom gelas.

B. Gaya Elektrostatika

Charles Coulomb (1736 – 1806) adalah orang yang menyatakan tentang gaya interaksi dari dua benda bermuatan listrik. Karena itu gaya interaksi ini disebut gaya Coulomb atau gaya elektrostatika. Interaksi dua benda

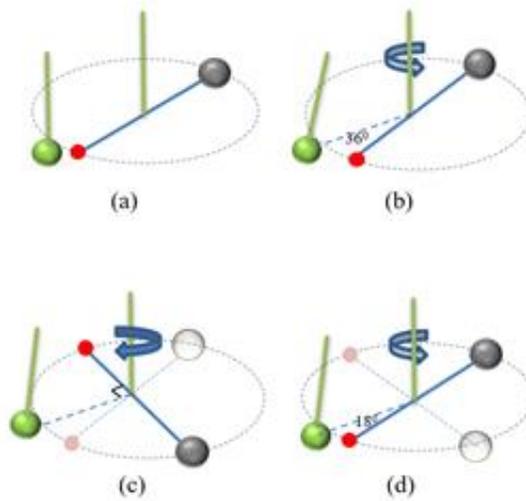
bermuatan listrik diteliti oleh Coulomb menggunakan neraca puntir seperti tampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Neraca Puntir

Percobaan Coulomb seperti diperlihatkan pada Gambar 9, adalah sebagai berikut :

- (a) Mula-mula Bola A dan bola B yang jenis muatannya sama didekatkan.
- (b) Karena terjadi gaya tolak-menolak antara bola A dan bola B maka gaya tersebut memuntir kawat perak sejauh 36° (efek puntiran)
- (c) Efek puntiran dipulihkan dengan cara memutar torsi mikrometer dengan arah berlawanan dengan efek puntiran sehingga bola A dan bola B terpisah secara tegak lurus
- (d) Efek puntiran terjadi lagi hingga kedua bola saling mendekati namun kemudian saling menjauh sebesar 18°
- (e) Coulomb menetapkan sudut pemulihan puntiran sebagai ukuran relatif dari gaya listrik yang bekerja pada bola A
- (f) Coulomb menalar bahwa untuk mendekatkan bola A dan bola B menjadi setengah kali jarak sebelumnya diperlukan gaya sebesar empat kali gaya sebelumnya seperti dinyatakan dalam Tabel 6. 1.



Gambar 9. Percobaan Neraca Puntir

- (a) Bola A dan bola B yang jenis muatannya sama didekatkan
- (b) Bola A dan bola B tolak-menolak dan memuntir kawat perak sejauh 36°
- (c) Torsi mikrometer diputar dengan arah berlawanan
- (d) Efek puntiran terjadi lagi

Tabel 6.1. Hubungan antara Jarak Bola dengan Besarnya Gaya Tolak

Muatan Bola A	Muatan Bola B	Jarak antara Bola A dan Bola B	Sudut Pemulihan Efek Puntiran	Gaya tolak
Q	Q	36°	0	F
		18°	$144^{\circ} = (4 \times 36^{\circ})$	4F
		9°	$576^{\circ} = (16 \times 36^{\circ})$	16F

Untuk memperoleh besarnya muatan pada bola dengan nilai setengah dan seperempat dari muatan awal, Coulomb melakukannya dengan cara menyentuhkan bola B ke bola lainnya yang tak bermuatan. Dari percobaannya Coulomb menyimpulkan bahwa gaya pada dua bola bermuatan sebanding dengan hasil kali muatan pada kedua bola, seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara gaya dengan besarnya muatan

Muatan Bola A	Muatan Bola B	Gaya tolak
Q	Q	F
Q	1/2Q	1/2F
Q	1/4Q	1/4F

Berdasarkan eksperimennya, Coulomb menyatakan bahwa besarnya gaya yang dilakukan oleh satu muatan listrik pada muatan lainnya:

- Bekerja sepanjang garis yang menghubungkan kedua muatan tersebut.
- Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua muatan.
- Berbanding lurus dengan perkalian kedua muatan.

Dengan demikian bunyi Hukum Coulomb adalah, “*Gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua muatan listrik berbanding lurus dengan hasil kali besar kedua muatan dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua muatan*”

Besarnya gaya tarik atau gaya tolak secara matematis dinyatakan dalam persamaan 1, yaitu:

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

Dengan F = gaya Coulomb (N)

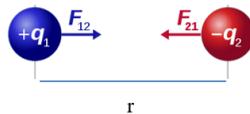
q_1 dan q_2 = muatan listrik (C)

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

r = jarak antar muatan (m)

Marilah sekarang kita pelajari gaya interaksi yang terjadi pada dua muatan yang berjauhan pada suatu jarak r . Telah kita pelajari sebelumnya jika dua benda berlainan jenis muatannya, maka kedua benda tarik-menarik. Sebaliknya jika kedua benda memiliki jenis muatan yang sama, maka kedua benda tolak-menolak. Gaya interaksi bekerja di sepanjang garis hubung kedua muatan. Mula-mula kedua muatan terpisah sejauh r . Karena gaya listrik yang dimiliki oleh masing-masing muatan, kedua muatan tarik-menarik dengan mengerahkan gayanya masing-masing. Tarik-menarik adalah upaya dari kedua muatan untuk menjadi netral. Ingatlah bahwa setiap atom dan benda di alam semesta ini selalu netral.

Muatan $+q$ menarik muatan $-q$ dan muatan $-q$ menarik muatan $+q$. Pada kondisi ini berlaku Hukum III Newton, gaya F_{21} yang dilakukan q_2 pada q_1 adalah negatif dari F_{12} . Gaya F_{21} mempunyai harga yang sama dengan F_{12} namun arahnya berlawanan (Gambar 10).



Gambar 10. Gaya Coulomb pada Muatan Berbeda Jenis $F_{12} = -F_{21}$

Gaya tolak-menolak antara dua muatan yang sejenis dinyatakan dalam bentuk vektor gaya seperti tampak pada Gambar 14. F_{12} adalah gaya yang bekerja pada muatan q_1 yang disebabkan oleh kehadiran q_2 . Sedangkan F_{21} adalah gaya yang bekerja pada muatan q_2 yang disebabkan oleh kehadiran q_1 . Besarnya $F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$. (Gambar 11).



Gambar 11. Gaya Coulomb pada Muatan Sejenis $F_{12} = -F_{21}$

Satuan dari muatan adalah coulomb (C). Sebagai gambaran, muatan yang dihasilkan pada peristiwa menggosok penggaris plastik dengan kain wol biasanya sekitar satu microcoulomb atau kurang. Dalam satu coulomb muatan negatif terdapat $1/(1,602 \times 10^{-19}) = 6,24 \times 10^{18}$ buah elektron. Kalian masih ingat bahwa muatan sebuah elektron adalah $1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb. Agar kalian dapat memahami dengan lebih baik hukum Coulomb, perhatikanlah contoh soal berikut ini.

Contoh

Soal:

Dua buah muatan positif $q_1 = 50 \mu\text{C}$ dan $q_2 = 1 \mu\text{C}$, dipisahkan sejauh 5 cm. Berapakah gaya Coulomb yang dialami muatan q_1 ? Berapakah gaya Coulomb yang dialami muatan q_2 ?

Jawab:

Berdasarkan hukum Coulomb, gaya yang dialami oleh muatan $q_1 = 50 \times 10^{-6} \text{C}$ akibat adanya muatan $q_2 = 1 \times 10^{-6} \text{C}$ yang jaraknya $r = 5 \times 10^{-2} \text{m}$ adalah

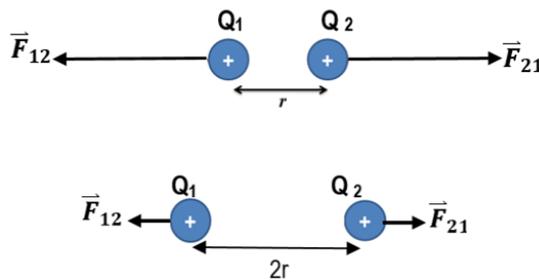
$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{(50 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2} = 1,8 \times 10^{-2} \text{N}$$

Gaya yang dialami oleh q_2 akibat q_1 adalah F_{21} yang besarnya sama dengan F_{12}



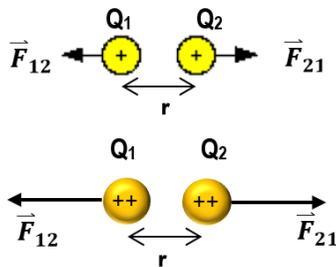
Meskipun muatan $+q_1$ lebih besar dari muatan $+q_2$, tapi besarnya gaya yang dialami oleh kedua muatan sama besar. Gaya yang dialami q_2 akibat q_1 adalah F_{21} dan gaya yang dialami oleh q_1 akibat q_2 adalah F_{12} .

Besarnya gaya Coulomb akan berubah jika jarak antara kedua muatan berubah. Gaya akan bertambah jika kedua muatan didekatkan. Namun sebaliknya gaya Coulomb akan berkurang jika kedua muatan dijauhkan. Perubahan gaya coulomb sebanding dengan kuadrat jarak antar kedua muatan. Gaya berkurang menjadi 1/4 kali gaya semula jika jarak kedua muatan dua kali jarak semula. Gambar 12 memperlihatkan perubahan yang terjadi.



Gambar 12. Gaya berkurang menjadi 1/4 kali gaya semula jika jarak kedua muatan dua kali jarak semula

Besarnya gaya Coulomb akan berubah pula jika jumlah muatan berubah. Gaya bertambah menjadi 4 kali gaya semula jika banyaknya kedua muatan dua kali semula. Gambar 13 memperlihatkan perubahan yang terjadi

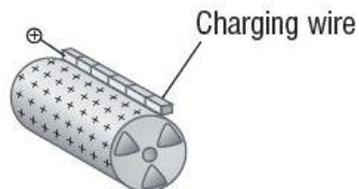


Gambar 13. Gaya bertambah menjadi 4 kali gaya semula jika jumlah muatan dua kali semula

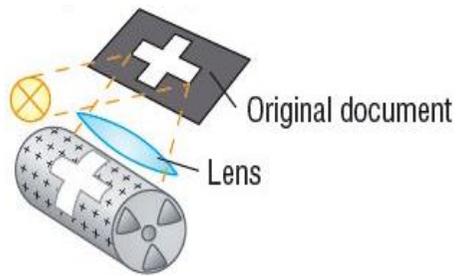
C. Listrik Statis dalam Teknologi Mesin Fotokopi

Untuk menghasilkan gambar atau tulisan pada kertas, mesin fotokopi menggunakan prinsip gaya elektrostatik. Selain menerapkan konsep optik, mesin fotokopi juga menerapkan konsep listrik statis. Komponen utama pada mesin fotokopi yang menerapkan listrik statis adalah penggunaan toner atau tempat bubuk hitam halus. Toner sengaja dibuat bermuatan negatif sehingga mudah ditarik oleh kertas. Bagian terpenting dari mesin fotokopi adalah *drum* yang berbentuk silinder. *Drum* terbuat dari bahan konduktor, umumnya adalah aluminium. Permukaan aluminium dilapisi dengan lapisan tipis selenium. Selenium menjadi konduktor ketika terkena cahaya tetapi nonkonduktor jika tidak terkena cahaya. Sifat ini disebut sifat "fotokonduktivitas". Prinsip kerja mesin fotokopi adalah sebagai berikut:

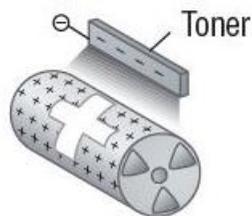
1. Pengisian muatan : *Drum* dimuati oleh kawat tegangan tinggi yang disebut kawat korona sehingga *drum* bermuatan positif.



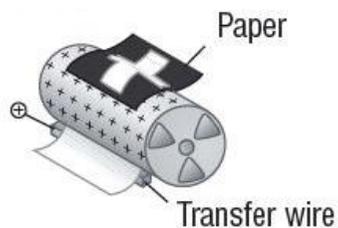
2. Pemaparan oleh lampu : Lampu menerangi dokumen asli, area putih dokumen asli lalu difokuskan oleh lensa sehingga memantulkan cahaya ke permukaan *drum*. Area *drum* yang terkena cahaya menjadi konduktif. Area *drum* yang tidak terkena cahaya (area hitam dari dokumen asli) tetap bermuatan negatif.



3. **Developing** : Serbuk hitam yang halus yang disebut *toner* diberi muatan negatif, dan disikatkan pada *drum* saat *drum* berputar. Partikel-partikel *toner* yang bermuatan negatif tertarik ke area positif pada drum (yaitu gambar ) dan hanya menempel di sana



4. **Transfer** : *Drum* berputar menekan kertas polos yang telah bermuatan positif lebih kuat dari selenium, sehingga partikel *toner* ditransfer ke kertas dan membentuk gambar di kertas.
5. **Fusing** : *Toner* dilebur dan diikat ke kertas dengan rol panas dan ditekan. Maka dihasilkan gambar hasil fotokopi di kertas lainnya



D. Penutup

Segala puji dan syukur kepada Allah yang telah menciptakan partikel yang berukuran sangat kecil dan tidak dapat dilihat mata. Partikel ini memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Jika Allah tidak menciptakan partikel ini dan memberikan pengetahuan tentangnya kepada kita, tentu kita tidak dapat menikmati kemudahan yang kita nikmati saat ini. Dengan kemudahan yang telah Allah berikan, sudah sepatutnya kita bersyukur kepada-Nya.

Kita juga sangat bersyukur karena Allah menciptakan hanya benda-benda dari jenis tertentu saja, seperti logam, yang memiliki sifat penghantar listrik. Udara dan tanah Allah ciptakan tidak memiliki sifat menghantar muatan listrik. Jika sekiranya Allah menciptakan udara dan tanah memiliki sifat menghantar muatan listrik, tentu manusia akan mudah tersengat listrik dan lingkungan hidup manusia menjadi tempat berbahaya.

...مَا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِنْ تَفَافُوتٍ ۗ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَى مِنْ فُطُورٍ
ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنْقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ حَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ

“...Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang ? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah”. (QS. Al Mulk: 3-4)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018). Plant Physiology with Mathematic and Art Religion Engineering Science and Technology Approach. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 261: 43-47.
- Agustina, T.W., Rustaman N.Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2020). Pendekatan STREAM (Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics) Membekalkan Kebiasaan Berpikir Mahasiswa. *Edusains*, 12 (2). 283-296.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computer & Education*, 33, 131–152.
- Anderson, L.W. & Krathwohl, R. (2010), *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran dan Asesmen*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Gunstone, R., Mulhall, P. & McKittrick, B., (2009). ‘Physics teachers’ perceptions of the difficulty of teaching electricity’, *Research in Science Education*, 39 (4), 515–538.
- Handayani, W., Setiawan, W., Sinaga, P., & Suhandi, A. (2020). Pengembangan Multi-Strategi Pembelajaran Untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Sains Pada Mahasiswa Calon Guru Fisika, Disertasi, Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam. Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Handayani, W., Setiawan, W., Sinaga, P., & Suhandi, A. (2021). Triple Step Writing Strategy: Meningkatkan Keterampilan Menulis Materi Aja Multimodus Representasi pada Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA.*, 7(1)
- Harison, A. & Treagust, D. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? . *School Science and Mathematics*, 98 (8), 420-429.
- Hayes, J. R., & Flower, L. (1986). Writing research and the writer. *American Psychologist*, 41, 1106–1113.

- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40 (1), 5–28.
- Kellogg, R.T. (2008). Training writing skills: A cognitive developmental perspective. *Journal of writing research*, 1(1), 1-26.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan (2013). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Pertama (SMP)/ Madrasah Tsanawiyah (MTS)*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Limpo, T. & Alves, R., A. (2018). Effects of planning strategies on writing dynamics and final texts. *Acta Psychologica*, 188, 97–109.
- Nakhleh, M. B., & Postek, B. (2008). Learning chemistry using multiple external representations. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education*, 209–231. Dordrecht: Springer.
- Novak, J.D., Gowin D. B., & Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science education*, 67 (5), 625-645.
- Prastowo, A. (2012). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta : Diva Press.
- Purbaningrum, E & Yuliyati. (2010). Pembelajaran Menulis dengan Pendekatan Menulis Proses bagi Siswa Tunarungu. *JASSI_Anakku*, 9 (1), 1-13.
- Simbolon, M & Sinaga, P. (2015). Analisis Materi Ajar Fisika Yang Digunakan Di SMA Berdasarkan Level Penggunaan Multi Representasi Dan Pembekalan Keterampilan Pemecahan Masalah. *Prosiding Simposium Nasional Fisika (SINAFI)*, 119-124.
- Sinaga, P., Suhandi, A & Liliyasi. (2015). The Effectiveness of Scaffolding Design in Training Writing Skills Physics Teaching Materials. *International Journal of Instruction*, 8 (1), 19-32.
- Subandi, H.M. (2010). *Mikrobiologi, Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Tipler P.A & Mosca. G. (2004). *Physics for Scientists and Engineers. - 5th ed.*. New York: W.H. Freeman and Company

Zarman, W. (2020). *Pendidikan IPA Berlandaskan Keimanan: Konsep dan Model Penerapannya*. Bandung: Deepublish



**SENTRA
PUBLIKASI
INDONESIA**

ISBN 978-623-98721-2-0



9 786239 872120