

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Partnership for 21st Century Skills mendefinisikan komunikasi sebagai berikut: 1) mengartikulasikan pemikiran dan gagasan secara efektif menggunakan kemampuan komunikasi lisan, tulisan, dan nonverbal dalam berbagai bentuk dan konteks, 2) mendengarkan secara efektif untuk menguraikan makna, termasuk pengetahuan, nilai, sikap, dan niat 3) menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan (misalnya untuk menginformasikan, menginstruksikan, memotivasi, membujuk) 4) menggunakan berbagai media dan teknologi, dan tahu bagaimana menilai dampak dan keefektifannya secara apriori dan 5) berkomunikasi secara efektif di lingkungan yang beragam (termasuk multibahasa dan multikultural). Keterampilan komunikasi bagi seorang guru adalah keterampilan generik yang penting dalam melaksanakan tugas profesionalnya. Oliva & Henson (1980) menyatakan ada 23 kompetensi generik guru yang dikelompokkan menjadi lima kategori yaitu 1) keterampilan komunikasi, 2) pengetahuan dasar, 3) keterampilan teknik, 4) keterampilan administratif dan 5) keterampilan interpersonal. Salah satu keterampilan generik tersebut adalah keterampilan komunikasi yang unsur-unsurnya meliputi kemampuan menginformasikan topik yang koheren dalam bentuk komunikasi secara lisan, kemampuan menulis secara logis dan mudah dipahami menggunakan struktur dan tata bahasa yang tepat, kemampuan memahami dan menafsirkan pesan setelah mendengarkannya dan kemampuan membaca, memahami dan menafsirkan materi profesional.

Dalam bidang sains yang memiliki karakteristik spesifik, komunikasi antara guru dengan siswa bersifat spesifik pula. Tang (2014) menyatakan bahwa komunikasi sains adalah 1) komunikasi tingkat lanjut yang merupakan disiplin khusus, 2) merupakan bagian integral dari praktek ilmiah dan 3) pembentuk esensi makna ilmiah. Sains adalah komunikasi tingkat lanjut yang merupakan disiplin khusus karena konten materi sains di sekolah menengah, bentuk bahasanya kompleks dan spesifik. Misalnya, sifat abstrak teks ilmiah yang sebagian besar disebabkan oleh tingginya tingkat kerapatan leksikal. Dalam pengajaran sains,

untuk membentuk esensi makna ilmiah, bahasa yang digunakan oleh guru harus mencakup kalimat, gestur, dan gambar yang secara kooperatif mengekspresikan gagasan yang sama dan gurupun harus mampu mengaitkan makna sebuah konsep atau fenomena yang menjalankan fungsi yang berbeda dengan dua representasi bahasa atau lebih (Kress *et al*, 2001). Sains tidak dibuat atau dikomunikasikan semata-mata melalui bahasa lisan atau tulisan. Menurut Lemke (1998b) bahasa sains bersifat hibrid semiotik yang mengandung komponen verbal (tipologis) dan matematis, visual-grafis, dan aksi operasional (topologis). Karena materi subjek sains jauh berbeda dengan matematika, bahasa, sejarah dll, maka diperlukan keterampilan mengajar yang berbeda dalam mengajar subjek yang berbeda (Das, 2014).

Tang (2014) menyatakan bahwa keterampilan komunikasi sains lebih dikhususkan pada kemampuan membuat makna ilmiah yang jelas dan tepat melalui bahasa dan keterampilan komunikasi sains mencakup kemampuan berbicara dan menulis dengan percaya diri dan menangani informasi multimodal yang kompleks. Dalam *Framework For K-12 Science Education* (NRC, 2012), mengajari siswa cara menggunakan bahasa lebih efektif untuk menyusun eksplanasi ilmiah, membuat argumen berbasis bukti, dan memperoleh, mengevaluasi dan menyampaikan informasi, menurut Erduran, et al (2015); Oliviera et al (2015); Sampson, et al,(2013); dan Tang (2014) adalah aspek-aspek dalam keterampilan komunikasi sains. Menurut de Carvalho (2002), keterampilan komunikasi seorang guru sains adalah keterampilan komunikasi bentuk khusus yang penting dalam pengajaran yang inovatif, keterampilan membangun argumentasi di kelas, keterampilan transformasi bahasa sehari-hari menjadi bahasa sains dan keterampilan memperkenalkan bahasa matematik (tabel, grafik dan persamaan). Berlandaskan pada pendapat Hurd (2000) tentang transformasi model komunikasi ilmiah tahun 2020, Spektor-Levy, Eylon & Scherz, (2009) menyatakan keterampilan komunikasi dalam sains memiliki fokus utama pada keterampilan temu kembali informasi (*information retrieval*), membaca sains (*scientific reading*), mendengarkan dan mengamati (*listening and observing*), menulis sains (*scientific*

writing), merepresentasi informasi (*information representation*), dan menyajikan pengetahuan (*knowledge presentation*).

Dari paparan di atas maka dalam penelitian ini diajukan bahwa keterampilan komunikasi sains adalah keterampilan-keterampilan berkomunikasi dalam sains yang mencakup keterampilan membaca, keterampilan menyajikan informasi dalam bentuk komunikasi verbal dan nonverbal yang wajib dikuasai oleh seorang guru yang mengajarkan sains, termasuk guru fisika. Keterampilan-keterampilan tersebut dalam penelitian ini jika ditujukan kepada guru fisika secara khusus, diuraikan menjadi keterampilan membaca buku teks fisika, keterampilan merepresentasi konsep fisika dan keterampilan menulis materi ajar yang selanjutnya disebut keterampilan komunikasi sains. Ketiga aspek keterampilan komunikasi sains tersebut, sudah selayaknya dibekalkan kepada mahasiswa calon guru fisika selama masa studinya untuk mempersiapkan mereka agar setelah lulus memiliki keterampilan komunikasi sains, yaitu keterampilan membaca buku teks fisika, keterampilan merepresentasi konsep fisika dan keterampilan menulis materi ajar. Sebagaimana dinyatakan oleh Schmidt, Cogan, & Richard (2011) bahwa program penyiapan calon guru harus mampu menghasilkan calon guru yang memiliki kompetensi setinggi mungkin.

Berdasarkan penelusuran terhadap Rencana Program Semester (RPS) pada mata kuliah pendalaman fisika sekolah di Prodi Pendidikan Fisika dan wawancara dengan dosen pengampunya di sebuah LPTK di Bandung hanya keterampilan menulis materi ajar yang diajarkan secara khusus. Pembelajaran keterampilan membaca teks sains tidak ditemukan secara eksplisit dalam RPS yang ada baik dalam mata kuliah Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Demikian pula keterampilan merepresentasi konsep fisika tidak ditemukan bahwa keterampilan tersebut diajarkan secara khusus. Berdasarkan hasil studi pendahuluan terhadap 30 orang mahasiswa keterampilan mereka dalam membaca teks sains mencapai 62% dan keterampilan membaca teks fisika hanya 47% (Handayani dkk, 2018). Untuk mengetahui keterampilan mahasiswa dalam membaca teks fisika digunakan tes dari artikel yang ditulis oleh Koch & Eckstein (1991).

Hasil tes keterampilan merepresentasi konsep listrik-magnet pada mahasiswa semester 4 (yang telah mengambil matakuliah Fisika Dasar II) dan mahasiswa semester 6 (yang telah mengambil matakuliah Fisika Dasar II dan Listrik-Magnet) memperlihatkan bahwa pada setiap indikator keterampilan merepresentasi konsep fisika tidak ada perbedaan yang berarti. Secara rata-rata keterampilan mahasiswa semester 6 baru mencapai 49,5 % dan semester 4 mencapai 45% (Handayani dkk, 2019). Sementara itu hasil studi lapangan terkait keterampilan menulis materi ajar yang ditulis mahasiswa memperlihatkan bahwa tulisan materi ajar belum memadai untuk memandu siswa SMA memahami konsep dengan jelas.

Membaca adalah bentuk komunikasi tertulis antara pengirim dan penerima pesan sehingga pesan yang dimaksud dapat dipahami untuk tujuan berbagi pengetahuan, gagasan dan sikap untuk menciptakan pemahaman bersama dan untuk mengubah perilaku. Membaca melibatkan proses yang aktif dan kompleks yang meliputi pemahaman terhadap teks, membangun dan menafsirkan makna dan menggunakan makna tersebut untuk menggambarkan tujuan dan situasi teks (*National Reading Panel, 2000*). Membaca buku teks tingkat universitas membutuhkan keterampilan analisis yang lebih dalam, tingkat berpikir yang tinggi untuk menyintesis informasi dan memperkirakan klaim yang diajukan penulis buku (Afflerbach, Cho, & Kim, 2015). Karena buku teks universitas cenderung kompleks maka pembaca harus menginterpretasikan dan menyintesis teks yang padat secara mendalam (Sengupta, 2002). Dengan demikian keterampilan membaca buku teks universitas termasuk buku teks fisika tidak hanya mengacu pada keterampilan kognitif yang terkait dengan proses membaca yang mencakup kemampuan mengkodekan kata dan pengetahuan sintaksis, tetapi pembaca buku teks fisika memerlukan keterampilan inferensial tingkat tinggi, kemampuan untuk menghubungkan berbagai konsep atau ide yang terkandung dalam teks secara koheren, kemampuan untuk menekan informasi yang tidak relevan, metakognisi, strategi membaca dan motivasi (Paivio & Lambert, 1981). Ketika pembaca sains menghadapi sejumlah hambatan dalam membaca teks sains, cara yang efektif adalah menggunakan strategi yang tepat dalam membaca (O'Rilley & Mc Namara, 2007). Penelitian menunjukkan bahwa pembaca yang terampil mampu membuat

inferensi lebih baik daripada pembaca yang kurang terampil karena pembaca yang terampil lebih strategis dan memiliki lebih banyak pengetahuan tentang strategi membaca (O'Reilly dan McNamara, 2007). Penelitian telah menunjukkan bahwa pemahaman yang baik tidak terjadi secara otomatis, sebagian besar tergantung pada upaya kognitif terarah, yang mencakup pengetahuan tentang proses kognitif dan pengaturan proses kognitif yang diekspresikan melalui strategi yang prosedural, terarah, disengaja, dan bersifat fasilitatif dan pembaca harus secara sengaja atau disengaja menggunakan strategi dan melakukannya untuk mengatur dan meningkatkan pembelajaran dan pemahaman (Alexander & Jetton, 2000). Dapat disimpulkan bahwa keterampilan membaca buku teks fisika khususnya di tingkat pendidikan tinggi adalah kemampuan pembaca untuk membuat inferensi tingkat tinggi, menghubungkan berbagai konsep atau ide yang terkandung dalam teks secara koheren, menekan informasi yang tidak relevan, penggunaan strategi dan metakognisi serta motivasi pada saat membaca. Untuk mencapai tingkat terampil membaca maka cara yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pelatihan strategi membaca karena strategi menyediakan cara untuk mengatasi masalah kompleks dengan cara yang lebih efisien dan melalui latihan, strategi akan mengarahkan pada perilaku yang otomatis dan cepat seiring waktu (McNamara, 2009).

Konsep sains dikonstruksi dan dikomunikasikan melalui teks dan bentuk lainnya selain bahasa verbal. Peta, grafik, bagan, diagram, formula, model, dan gambar adalah cara lain untuk merepresentasikan konsep sains (Lynch, 2001). Keterampilan representasi penting dikuasai oleh guru sains ketika harus menjelaskan konsep-konsep sains untuk mengurangi beban kognitif siswa. Teori beban kognitif menyatakan bahwa kemampuan pemrosesan manusia sangat terbatas (Miller 1956). Namun, teori *dual-processing* (Paivio & Lambert, 1991) berpendapat bahwa otak manusia memiliki sistem pemrosesan yang terpisah untuk input visual dan verbal yang dapat digunakan secara bersamaan. Gagasan *dual-processing* mengusulkan efek multimedia yaitu, siswa mampu belajar lebih baik menggunakan kata-kata dan gambar daripada dari kata-kata saja (Mayer, 2009). Dengan demikian, mengingat kapasitas pemrosesan otak yang terbatas dan peluang

untuk meningkatkan saluran pemrosesan ganda, penggunaan representasi dinilai merupakan metode yang paling efisien untuk mengkomunikasikan pesan tertentu tanpa beban kognitif (Airey & Linder, 2009).

Penelitian telah menunjukkan bahwa ketika siswa dapat berinteraksi dengan representasi yang sesuai, pemahaman mereka dapat ditingkatkan (Ainsworth, 2006). Demikian pula representasi dalam bentuk jamak atau multi representasi bermanfaat untuk membangun pemahaman yang lebih dalam dari konsep yang sedang dipertimbangkan melalui abstraksi, generalisasi (atau perluasan) dan hubungan antar konsep (Ainsworth, 1999). Konstruksi pemahaman yang lebih dalam juga dapat terjadi melalui pengajaran hubungan antara representasi yang berbeda (Ainsworth, 1999). Penelitian oleh Rosengrant, Etkina dan Van Heuvelen (2009) menunjukkan bahwa jika siswa belajar fisika di lingkungan yang menekankan penggunaan multi representasi, maka siswa akan menggunakannya untuk membantu memecahkan masalah. Keterampilan merepresentasi konsep fisika penting dikuasai oleh guru agar ia dapat memfasilitasi siswa yang memiliki keragaman kemampuan dalam memahami konsep fisika. Memilih, mengkoordinasi, dan berpindah di antara representasi adalah keterampilan penting dalam pembelajaran dan praktek fisika (Mallet, 2007). Penelitian-penelitian terkait multirepresentasi (MR) menunjukkan dua kelebihan penting dari penggunaan MR yaitu: 1) MR memberi kesempatan yang luas pada guru untuk melayani siswa yang gaya belajarnya berbeda-beda sehingga meningkatkan pembelajaran yang efektif (Kohl & Finkelstein, 2017) dan 2) penggunaan MR menghantarkan siswa pada pemahaman yang mendalam pada mata pelajaran karena setiap representasi menekankan pada aspek yang berbeda untuk konsep yang sama (Berthold, Eysink, & Renkl, 2009). Keterampilan representasi termasuk juga memahami konvensi untuk berbagai jenis representasi dan mengetahui bagaimana setiap bentuk dapat dan tidak dapat digunakan, mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi tertentu, mengubah dan memetakan antara representasi yang satu dengan yang lainnya, membuat atau memilih representasi yang sesuai untuk tujuan tertentu, mengevaluasi representasi dan membenarkan kesesuaian representasi tertentu, menciptakan representasi baru, membandingkan dan membedakan informasi yang

diperoleh dari representasi berbeda, menyelesaikan masalah menggunakan representasi, dan menggunakan representasi untuk mendukung klaim, membuat kesimpulan, dan membuat prediksi (diSessa, 2004; Gilbert & Treagust, 2009; Kozma & Russell, 1997).

Merujuk pada pendapat-pendapat para ahli yang telah diuraikan di atas maka dapat dinyatakan bahwa keterampilan representasi seorang guru fisika adalah: 1) keterampilan menjelaskan konsep fisika dalam bentuk teks, gambar, diagram, tabel, grafik dan persamaan matematika dalam bentuk tunggal, 2) keterampilan mentranslasi dari satu representasi ke representasi lain, 3) keterampilan menjelaskan konsep fisika dalam multi representasi dan 4) keterampilan mempertimbangkan representasi yang dibangun oleh siswa tentang kelayakannya dalam merepresentasikan sebuah konsep fisika. Seperti halnya guru harus mengembangkan pengetahuan pedagogis konten untuk mengajarkan konten yang berbeda (Shulman, 1986), maka guru pun harus mengembangkan pengetahuan visual-pedagogis-konten (Eilam, 2012) untuk memilih representasi yang efisien untuk siswa tertentu, saat mengajar konten tertentu, dan dalam lingkungan tertentu. Pengetahuan visual-pedagogis-konten guru akan meningkatkan proses pembelajaran dan dengan demikian berpengaruh terhadap pembelajaran siswa, dan pada saat yang sama kompetensi representasi siswa meningkat (Eilam, 2015).

Menulis materi ajar merupakan keterampilan yang penting dikuasai oleh guru fisika karena menulis materi ajar adalah salah satu dari tugas pokok yang harus dilakukan oleh guru selama masa tugas mengajarnya sebagaimana 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. Gunstone, McKittrick, dan Mulhall (2009) menyajikan hasil penelitian tiga buku teks fisika sekolah menengah populer. 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. Simbolon dan Sinaga (2015) yang telah 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.

Menulis materi ajar bukan sekedar menyampaikan informasi namun hal penting yang perlu diperhatikan adalah karakteristik siswa sebagai pengguna utamanya. Ketika akan mengembangkan materi ajar, pengetahuan yang perlu dikuasai guru antara lain adalah: 1) karakteristik siswa, 2) kedalaman dan keluasan materi ajar yang dikembangkan, 3) kemampuan menentukan referensi penulisan materi ajar, 4) kemampuan menyajikan materi ajar, dan 5) kemampuan mengaitkan konsep dengan peristiwa dalam kehidupan. 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 diantara 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.

Pengembangan materi ajar harus dapat menjawab atau memecahkan masalah atau kesulitan dalam belajar. Kesulitan tersebut dapat saja terjadi karena materi

pelajaran yang diajarkan abstrak, rumit, dan asing. Agar materi ajar mampu membantu siswa menggambarkan sesuatu yang abstrak, penggunaan gambar, foto, bagan, skema dan grafik dapat disertakan di dalamnya. Demikian pula materi pelajaran yang rumit, harus dapat dijelaskan dengan cara yang sederhana, sesuai dengan tingkat berfikir siswa, sehingga menjadi lebih mudah dipahami. Riset yang telah dilakukan oleh Ainsworth (2006) dan Nakhleh & Postek (2008) telah menyarankan untuk menggunakan multi-modus representasi untuk membantu siswa memahami sains secara mendalam. Hand, Gunel & Ulu (2009) menyatakan bahwa pemahaman konseptual yang lengkap tentang konsep sains dan kemampuan untuk menerapkan ide-ide sains berkaitan dengan representasi multi-modus dari konsep sains. Dengan demikian representasi multi-modus menjadi penting karena bahasa adalah multi-modus, yaitu, konsep-konsep sains dijelaskan oleh modus representasi yang berbeda. Dengan mempertimbangkan bahwa pengguna utama materi ajar adalah siswa yang mempelajari sains fisika dan sains bersifat multi-modus, maka materi ajar yang dihasilkan oleh mahasiswa calon guru fisika harus bersifat multi-modus representasi.

Keterampilan komunikasi sains yang terdiri dari keterampilan membaca, keterampilan representasi konsep fisika dan keterampilan menulis materi ajar yang penting untuk dikuasai oleh mahasiswa calon guru fisika. Strategi yang dapat dilakukan adalah dengan merancang suatu program perkuliahan yang disusun sedemikian rupa sehingga secara sistematis mahasiswa calon guru fisika memiliki keterampilan yang tinggi dalam komunikasi sains. Program pembelajaran tersebut harus melibatkan aktivitas membaca buku teks fisika, merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar secara berkesinambungan dan saling berkaitan. Pemaduan beberapa aspek menjadi satu kesatuan yang utuh merupakan salah satu bentuk inovasi dan sangat penting untuk dilakukan dalam bidang pendidikan sebagaimana dinyatakan oleh Messmann & Mulder (2011) bahwa salah satu bentuk inovasi dan kreativitas adalah mengkombinasikan beberapa aspek yang berbeda mejadi satu bagian yang utuh. Dalam penelitian ini keterampilan komunikasi sains akan dipadukan dalam sebuah program perkuliahan pendalaman fisika sekolah. Meskipun pembelajaran pada setiap aspek keterampilan komunikasi menggunakan

strategi-strategi tersendiri namun dalam pelaksanaan pembelajarannya dalam satu rangkaian yang terpadu dan semuanya bertujuan sama yaitu meningkatkan keterampilan komunikasi dalam pembelajaran sains.

Hasil-hasil penelitian terkait strategi-strategi pembelajaran membaca, merepresentasi dan menulis materi ajar masih bersifat terpisah dan parsial. Dari penelusuran yang telah dilakukan, ditemukan satu saja riset terkait dengan strategi membaca teks fisika yaitu strategi membaca teks fisika menggunakan yaitu metode *Answer/Questioning* (metode A/Q) yang dilakukan oleh Koch & Eickstein (1991). Dalam metode ini mahasiswa belajar meringkas sebuah teks dengan merumuskan pertanyaan. Riset-riset terkait strategi membaca sains lebih banyak dilakukan dalam bidang biologi dan kimia, antara lain yang dilakukan oleh McNamara (2004b) yang mengembangkan program pelatihan membaca buku teks sains (biologi) menggunakan strategi yang disebut SERT (*Self-Explanation Reading Training*). Riset-riset tentang praktek membaca teks sains dengan strategi menggambar, yaitu menugaskan siswa menambahkan gambar untuk setiap paragraf teks dengan menggunakan gambar yang mewakili gagasan utama setiap paragraf teks pada bidang kimia dan biologi yang dilakukan oleh Schwamborn, et al (2010), Leopold & Leutner (2012) dan Leopold & Mayer (2014) telah membuktikan bahwa penguasaan konsep siswa lebih baik dibanding siswa dalam kelompok kontrol yang diinstruksikan untuk membaca teks untuk pemahaman, namun tidak diinstruksikan untuk menggambar. Pengajaran atau pelatihan membaca-paham yang menggabungkan beberapa strategi tunggal dalam membaca telah dikembangkan oleh para peneliti, misalnya *Cooperative Integrated Reading and Composition* (CIRC), *Reciprocal Teaching* (RT), *Class Wide Peer Tutoring* (CWPT) dan *Peer-Assisted Learning Strategies* (PALS) (Fuchs & Fuchs, 2009). Selain multistrategi dalam membaca para peneliti mengembangkan pula kerangka kerja strategi membaca misalnya *The Four-pronged Comprehension Strategy* yang dikembangkan oleh McNamara, dkk (2007) dan kerangka kerja *EMC Strategy Instruction* (Klapwijk, 2015).

Hasil-hasil penelitian terkait strategi-strategi pembelajaran representasi yang ditujukan untuk pembelajaran di tingkat sekolah dasar dan sekolah menengah

diantaranya adalah penelitian tentang penggunaan representasi dalam wacana kelas yang fokus utamanya pada transformasi representasi dinamis yang terjadi di kelas, telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti representasi ulang atau re-representasi (Tytler, Prain, Hubber, & Waldrip, 2013), proses pembuatan tanda atau *sign-making process* (Kress, et al, 2001), dan penelitian tentang penggunaan representasi atau memanipulasi representasi untuk menengahi pembicaraan di antara siswa dan guru di kelas (misalnya Fredlund, Airey, & Linder, 2012; Hubber, Tytler, & Haslam, 2010; Tang 2013b; Tang, Tan, & Yeo, 2011). *Framework* pendekatan belajar dan mengajar melalui konstruksi representasi (Hubber & Tytler, 2017 dan Tytler & Prain, 2013) menyatakan bahwa pendekatan konstruksi representasi (*representation construction approach*) didasarkan pada urutan tantangan representasional (*sequences of representational challenges*) yaitu melibatkan siswa dalam membangun representasi untuk menjelajahi dan membuat klaim secara aktif tentang suatu fenomena. Penelitian dalam bidang representasi yang ditujukan untuk melatih keterampilan representasi mahasiswa calon guru antara lain adalah penelitian yang terkait dengan strategi mengajarkan representasi konsep sains yang dilakukan oleh Sinaga, Suhandi & Liliasari (2014). Nichols dkk (2015) memberikan pelatihan kepada guru Sekolah Dasar dalam merepresentasikan konsep lempeng tektonik, gelombang gempa bumi dan struktur bumi. Sementara Hill, Sharma dan Johnston (2015) telah membangun, mengimplementasi dan mengevaluasi modul pembelajaran online dalam bentuk *pre-lecture online learning modules* untuk meningkatkan kefasihan representasi dan pemahaman konsep pada mahasiswa fisika. Eilam, Poyas, dan Hashimshoni, (2014) menyatakan bahwa pengetahuan tentang representasi adalah salah satu bidang yang berkembang pesat yang perlu dikuasai guru, karena representasi relevan untuk semua praktik pendidikan. Namun, hanya beberapa program yang ada saat ini yang telah mengimplementasikan program yang relevan atau mengintegrasikan isu representasi secara khusus dalam program pendidikan guru.

Hasil-hasil penelitian terkait strategi menulis multimodus representasi cenderung ditujukan pada tugas menulis non tradisional yaitu menyertakan representasi eksternal untuk tujuan meningkatkan pemahaman konseptual siswa

(mis. Prain, 2006; Gunel et al, 2007; Hand, et al, 2009 dan McDermott & Hand, 2010; 2012). Pelatihan menulis untuk mahasiswa calon guru telah dilakukan oleh Sinaga, Suhandi & Liliyasi (2014) (2014), pada program perkuliahan menulis materi ajar menggunakan multimodus representasi pada materi Listrik–Magnet dan Gelombang. Hasil penelitiannya telah terbukti efektif dan memiliki kriteria tinggi dalam meningkatkan keterampilan menulis materi ajar. Strategi yang dilakukan adalah memberikan *scaffolding* antara proses *planning* dengan proses mentranslasi ide/*planning* menjadi teks pada model umum proses menulis yang dikembangkan oleh Flower dan Hayes.

Keterampilan komunikasi sains mahasiswa calon guru harus ditingkatkan melalui suatu program pembelajaran. Mata kuliah yang sesuai dengan karakteristik keterampilan komunikasi sains salah satunya adalah mata kuliah Pendalaman Fisika Sekolah. Adapun topik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah topik listrik statis. Hal ini didasarkan atas mayoritas jawaban mahasiswa dalam kuesioner topik-topik Fisika Dasar yang dirasakan memiliki tingkat kesulitan tinggi. Penggabungan aktivitas pembelajaran membaca, merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar dalam sebuah program perkuliahan untuk meningkatkan keterampilan komunikasi sains belum pernah dilakukan sebelumnya. Dalam penelitian ini pembelajaran keterampilan komunikasi sains dirancang dengan cara menggabungkan keterampilan membaca buku teks fisika, merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar, dalam sebuah program perkuliahan. Pembelajaran masing-masing keterampilan tersebut dilakukan secara terstruktur menggunakan strategi-strategi pembelajaran tertentu.

Pemahaman terhadap teks, menuntut pembaca untuk membangun model berbasis teks (*textbase model*) dan kemudian membangun model situasi (*situation model*) (Kintsch, 1998). Model berbasis teks adalah model pemahaman terhadap apa yang sebenarnya tertulis dalam teks, dalam model ini melibatkan keterampilan untuk memahami huruf, kata, dan pemikiran dasar untuk mengakses makna teks secara eksplisit. Sedangkan model situasi adalah model pemahaman yang koheren tentang teks dalam kaitannya dengan tujuan, tugas, konteks wacana, dan pengetahuan yang relevan, yang dibangun melalui penggunaan strategi dan

keterampilan analitis, konstruktif, interpretatif, dan evaluatif yang kompleks (Afflerbach, Cho & Kim, 2015). Model situasi adalah model pemrosesan teks tingkat tinggi yang memerlukan pemikiran tingkat tinggi. Pembaca harus mengelola proses konstruktif dan integratif untuk membuat kesimpulan kompleks menggunakan informasi teks, menggunakan pengetahuan sebelumnya dan mengurai teks ke dalam unit ide untuk memahami apa yang tertulis dalam teks. Untuk mencapai model situasi diperlukan kuantitas (banyaknya) dan kualitas (akurasi) *prior knowlegde* (Kendeou, Rapp, & van den Broek, 2003). Untuk mencapai tingkat pemahaman pada *situation model* maupun *textbase model*, strategi membaca perlu diajarkan secara eksplisit terutama bagi pembaca yang pengetahuan konten dan keterampilan membacanya rendah (McNamara, 2004; McNamara, 2007; O'Reilly & McNamara, 2007).

Dalam teks fisika, banyak pernyataan tidak secara eksplisit ditulis dalam teks, oleh karena itu pembaca harus menyimpulkan informasi yang tersirat dalam teks menggunakan logika yang akurat. Lebih jauh lagi jika salah satu bagian dari istilah dilewati atau dipahami dengan salah, kalimat menjadi tidak dapat dipahami dan memengaruhi makna sebenarnya dari kalimat yang ingin disampaikan oleh penulis. Membaca buku teks fisika memerlukan strategi khusus, namun strategi-strategi membaca yang ada (misalnya SERT, CORI) cenderung ditujukan untuk membaca tesk sains biologi di tingkat sekolah menengah sehingga dirasa kurang memadai untuk mengatasi kesulitan dalam memahami buku teks fisika tingkat universitas. Pada penelitian ini dikembangkan sebuah strategi membaca yang mengacu pada kerangka kerja (*framework*) yang disebut *Reading Strategy Quadrant* (RSQ). Dalam penelitian ini kerangka kerja RSQ diimplementasikan dalam strategi yang disebut strategi RSQ. RSQ adalah strategi membaca yang dilandasi oleh teori-teori tentang membaca (misal Kintsch, 1998; Kendeou, Rapp, & van den Broek, 2003 dan Afflerbach, Cho & Kim, 2015) dan merupakan modifikasi dari kerangka kerja *The Four-Pronged Comprehension Strategy* yang dikembangkan oleh McNamara, Ozuru, Best dan O'Reilly (2007). Mengingat hanya ada satu strategi membaca teks fisika yaitu A/Q (Koch & Eickstein 1991) maka RSQ adalah strategi yang belum pernah ada sebelumnya yang merupakan strategi membaca buku teks fisika.

Selanjutnya strategi pembelajaran yang akan diterapkan dalam upaya meningkatkan keterampilan representasi dalam komunikasi lisan maupun tertulis dikembangkan dengan merujuk pada gagasan teoretis yang berkaitan dengan keterampilan representasi yaitu kompetensi meta-representasional (MRC) (diSessa, 2004; diSessa & Sherin, 2000) dan pengetahuan visual-pedagogis-konten (*Visual-Pedagogical-Content-Knowledge*) (Eilam, 2012). Keterampilan merepresentasi konsep fisika perlu dilatihkan kepada mahasiswa calon guru fisika, mengingat bahwa pengembangan representasi secara spontan sangat menantang. Hal ini karena bahasa dalam bentuk teks tetap stabil dari waktu ke waktu sementara representasi visual terus berubah dan menjadi lebih kompleks (Eilam, 2015) sehingga membutuhkan perhatian khusus untuk secara eksplisit mempelajari, menafsirkan, dan menggunakan representasi visual.

Dengan merujuk pada gagasan Wu & Puntambekar (2012) dan praktik proses sains (NRC, 2012) dalam penelitian ini dikembangkan strategi pembelajaran yang bertujuan untuk melatih keterampilan merepresentasi konsep fisika yang disebut *Representation Pedagogical Content Knowledge Strategy* (RPCK Strategy). Tahap-tahap dalam RPCK Strategy merupakan modifikasi proses sains yang diajukan NRC (2012) yang disusun sedemikian rupa sehingga strategi dalam RPCK terdiri dari tahap-tahap berikut: 1) menanya (*asking question*) dan mengamati (*observing*), 2) membayangkan (*imagine*) dan memprediksi (*predict*), dan 3) mengevaluasi (*evaluate*) dan mengkomunikasikan (*communicate*). RPCK Strategy adalah strategi untuk melatih keterampilan merepresentasi konsep fisika bagi mahasiswa calon guru fisika. Hanya ada satu strategi yang sudah ada sebelumnya untuk melatih keterampilan merepresentasi konsep fisika bagi mahasiswa calon guru fisika, yaitu pendekatan *Learning To Represent Physics Concept Approach* (Sinaga, Suhandi & Liliyasi, 2014). Diharapkan melalui strategi RPCK pada materi listrik statis mahasiswa terampil dalam: 1) menjelaskan konsep fisika dalam bentuk teks, gambar, diagram, tabel, grafik dan persamaan matematika dalam bentuk tunggal, 2) mentranslasi dari satu representasi ke representasi lain, 3) menjelaskan konsep fisika dalam multi representasi dan 4) mempertimbangkan representasi yang dibangun oleh siswa tentang kelayakannya dalam merepresentasikan sebuah

konsep fisika dan selanjutnya dapat menggunakan dan menerapkannya dalam aktivitas komunikasi sains secara lisan maupun tertulis.

Strategi menulis materi ajar multimodus representasi mengacu pada tiga proses kognitif menulis, yaitu perencanaan, translasi, dan revisi (Hayes & Flower, 1986) yang sering disebut sebagai *triple task* (Limpo & Alves, 2018). Perencanaan melibatkan perumusan tujuan bersamaan dengan mengembangkan dan organisasi ide. Translasi 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 (mis., ejaan) dan multimodus representasi serta pelaksanaan gerakan motorik untuk menghasilkan tulisan. Merevisi meliputi pemantauan, evaluasi, dan mengubah teks tertulis yang dihasilkan.

Menulis materi ajar bukan sekedar menyampaikan informasi namun hal penting yang perlu diperhatikan adalah karakteristik siswa sebagai pengguna utamanya. Materi 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 materi ajar harus dapat menjawab atau memecahkan masalah ataupun kesulitan dalam belajar. Kesulitan tersebut dapat saja terjadi karena materi pelajaran yang diajarkan abstrak, rumit, dan asing. Oleh karena itu sebelum menerapkan menulis materi ajar, mahasiswa calon guru terlebih dahulu mengaktifkan kembali pengetahuan pedagogik pra menulis. Tahap ini bertujuan untuk mengaktifkan pengetahuan mahasiswa tentang pengetahuan pedagogik, pengetahuan konten dan konteks, pengetahuan multimodus representasi, pengetahuan konsepsi alternatif/miskonsepsi pra menulis.

Strategi yang digunakan dalam melatih menulis ini disebut *Triple Step Writing Strategy* (TS-WS), yang merupakan adaptasi dan modifikasi tiga proses kognitif menulis. Modifikasi dilakukan dengan cara menjelaskan dan membuat langkah-langkah secara lebih rinci pada masing-masing tahap menulis yaitu, perencanaan, translasi, dan revisi. Hanya ada satu strategi untuk melatih keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi bagi mahasiswa calon

guru fisika yang sudah ada sebelumnya, yaitu pendekatan pembelajaran *Learning To Write* (LTW) (Sinaga, Suhandi & Liliyasi, 2014). Dalam TS-WS ada beberapa aktivitas tambahan yang harus dilakukan oleh mahasiswa yang sebelumnya telah ada pada LTW antara lain: a) mencari dan membaca sumber-sumber referensi tentang miskonsepsi terkait materi yang akan ditulis, b) melakukan analisis materi ajar, dan c) menguraikan konsep-konsep penting menjadi uraian konsep dalam representasi teks dan representasi visual. Selain itu dalam TS-WS dibedakan secara jelas antara tahap perencanaan, translasi dan revisi yang mengacu pada tiga proses kognitif menulis.

Strategi membaca menggunakan *RSQ* untuk meningkatkan keterampilan membaca buku teks fisika, *RPCK Strategy* untuk meningkatkan keterampilan merepresentasi konsep fisika dan TS-WS untuk meningkatkan keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi sebagaimana telah dipaparkan di atas diklaim sebagai kebaruan dalam penelitian ini dan akan diimplementasikan dalam perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah di sebuah LPTK di Bandung untuk meningkatkan keterampilan komunikasi sains mahasiswa calon guru fisika.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka masalah dalam penelitian ini adalah, "Bagaimanakah keefektifan strategi-strategi pembelajaran keterampilan komunikasi sains yang telah dikembangkan dan diimplementasikan dalam perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah dalam meningkatkan keterampilan komunikasi sains pada mahasiswa calon Guru Fisika?" Untuk mempermudah pengkajian secara sistematis terhadap permasalahan yang akan diteliti, maka rumusan masalah tersebut dirinci menjadi sub masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik multistrategi pembelajaran komunikasi sains yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam perkuliahan pendalaman fisika sekolah agar dapat meningkatkan keterampilan komunikasi sains pada mahasiswa calon guru fisika?
2. Bagaimanakah peningkatan keterampilan membaca buku teks fisika dan peningkatan pemahaman konsep listrik statis setelah mahasiswa berlatih

membaca buku teks fisika menggunakan strategi *Reading Strategy Quadrant* (RSQ)?

3. Bagaimanakah keefektifan strategi *RSQ* yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam perkuliahan pendalaman fisika sekolah dalam meningkatkan keterampilan membaca buku teks fisika dan pemahaman konsep listrik statis dibandingkan dengan strategi konvensional?
4. Bagaimanakah peningkatan keterampilan merepresentasi konsep fisika dan peningkatan pemahaman konsep listrik statis setelah mahasiswa berlatih merepresentasi konsep fisika menggunakan strategi *Representation Pedagogical Content Knowledge Strategy* (*RPCK Strategy*)?
5. Bagaimanakah keefektifan *RPCK Strategy* yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam perkuliahan pendalaman fisika sekolah dalam meningkatkan keterampilan merepresentasi konsep fisika dan pemahaman konsep listrik statis dibandingkan dengan strategi konvensional?
6. Bagaimanakah peningkatan keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi setelah mahasiswa berlatih menulis materi ajar multimodus representasi menggunakan strategi *Triple Step Writing Strategy* (*TS-WS*)?
7. Bagaimanakah keefektifan strategi *TS-WS* yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam perkuliahan pendalaman fisika sekolah dalam meningkatkan keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi dibandingkan dengan strategi konvensional?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian di atas, maka tujuan penelitian ini secara umum adalah menghasilkan multistrategi pembelajaran komunikasi sains yang terdiri dari strategi membaca buku teks fisika, strategi merepresentasi konsep fisika dan strategi menulis materi ajar multimodus representasi yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam Program Perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah agar dapat meningkatkan keterampilan komunikasi sains pada mahasiswa calon guru fisika. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengkaji keefektifan strategi *RSQ* yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam Program Perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah dalam meningkatkan keterampilan

membaca buku teks fisika dan pemahaman konsep listrik statis; 2) mengkaji keefektifan *RPCK Strategy* yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam Program Perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah dalam meningkatkan keterampilan merepresentasi konsep fisika dan pemahaman konsep listrik statis dan 3) mengkaji keefektifan strategi TS-WS yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam Program Perkuliahan Pendalaman Fisika Sekolah dalam meningkatkan keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat secara:

1. Teoritis, yaitu memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam hal pengembangan strategi pembelajaran membaca buku teks fisika, merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar multimodus representasi bagi mahasiswa calon guru fisika.
2. Praktis, yaitu sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi lembaga penyelenggara pendidikan calon guru fisika untuk menerapkan strategi-strategi pembelajaran yang telah dikembangkan sehingga dapat membekalkan keterampilan komunikasi sains, yang terdiri dari keterampilan membaca buku teks fisika, keterampilan merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar multimodus representasi, pada mahasiswa calon guru fisika.

1.5. Definisi Operasional

1. Multi-strategi adalah beberapa strategi yang terdiri dari strategi membaca, strategi pembelajaran merepresentasi konsep fisika dan strategi pembelajaran menulis materi ajar multimodus representasi bertujuan untuk meningkatkan keterampilan komunikasi sains yang terdiri keterampilan membaca, merepresentasi konsep fisika dan menulis materi ajar multimodus representasi yang diimplementasikan dalam mata kuliah Pendalaman Fisika Sekolah.
2. Karakteristik strategi pembelajaran adalah ciri khas dari strategi pembelajaran yang dikembangkan saat ini yang berbeda dengan strategi pembelajaran yang lain yang sebelumnya sudah pernah ada, sudah dikembangkan dan diimplementasikan dalam pembelajaran.

3. Keterampilan membaca buku teks fisika adalah kemampuan mahasiswa dalam menggunakan strategi RSQ dalam membaca sehingga mahasiswa memiliki pemahaman yang mendalam (*deep level comprehension*) terhadap teks yang dibacanya yang direfleksikan dalam bentuk representasi mental. Keterampilan membaca diukur menggunakan tes keterampilan membaca buku teks fisika berbentuk tes tertulis uraian dan tes pemahaman konsep listrik statis. Tes pemahaman konsep dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep dengan merujuk pada taksonomi Bloom. Secara operasional diukur dari tes pemahaman konsep materi listrik statis menggunakan tes objektif berupa pilihan ganda dengan empat opsi jawaban.
4. Keterampilan merepresentasi konsep fisika adalah keterampilan menyajikan konsep dan hukum fisika dalam modus teks, diagram piktorial gambar, tabel, grafik dan persamaan matematika; mentranslasi antar modus representasi, menjelaskan konsep fisika dalam multirepresentasi dan mempertimbangkan representasi akan kelayakannya dalam merepresentasikan sebuah konsep listrik statis secara visual. Keterampilan merepresentasi konsep fisika diukur dari hasil tes keterampilan merepresentasi konsep fisika berbentuk uraian.
5. Keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi adalah kemampuan mahasiswa calon guru fisika menulis materi ajar fisika yang di dalamnya menyajikan gabungan dua atau lebih modus representasi. Misalnya representasi verbal teks dengan satu atau lebih jenis-jenis representasi visual (gambar, tabel, diagram, grafik dan diagram piktorial) sehingga dihasilkan uraian tertulis dan kohesif. Keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi dievaluasi dengan menggunakan rubrik penilaian keterampilan menulis materi ajar multimodus representasi.
6. Keefektifan strategi pembelajaran adalah tercapainya tujuan pembelajaran sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok yang diberi intervensi yang berbeda. Secara operasional keefektifan ditentukan dengan menggunakan analisis statistik uji beda. Mengingat partisipan dalam penelitian ini adalah sampel kecil, maka untuk menentukan keefektifannya selain menggunakan analisis statistik uji beda maka dilengkapi dengan mengukur

ukuran pengaruh (*effect size*). Strategi pembelajaran dinyatakan efektif jika hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok yang diberi intervensi berbeda diterima, dan ukuran pengaruh bernilai sedang hingga tinggi.

7. Pemahaman konsep listrik statis adalah kemampuan mahasiswa dalam memaknai konsep listrik statis. Tes pemahaman konsep dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep dengan merujuk pada taksonomi Bloom. Secara operasional diukur dari tes pemahaman konsep materi listrik statis menggunakan tes objektif berupa pilihan ganda dengan lima opsi jawaban.

1.6. Struktur Organisasi Penulisan Disertasi

Penyusunan disertasi ini disusun menjadi beberapa bagian, yaitu: (1) bagian awal, (2) bagian inti, dan (3) bagian akhir. Bagian awal mencakup sampul, halaman pengesahan, pernyataan, abstrak, kata pengantar, ucapan terimakasih, daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel. Bagian inti disertasi ini mencakup: Bab I Pendahuluan, Bab II Kajian Pustaka, Bab III Metodologi Penelitian, Bab IV Temuan dan Pembahasan, dan Bab V Penutup.

Ada beberapa hal yang dipaparkan pada bagian Bab I. Diantaranya adalah memaparkan tentang latar belakang, masalah, tujuan, dan manfaat penelitian ini dilakukan. Bab II merupakan bagian untuk mengupas sejumlah teori dan proses sintesis terkait keterampilan komunikasi, strategi membaca, representasi konsep fisika dan keterampilan menulis. Selain itu, pada bagian ini juga menguraikan secara lebih khusus teori-teori yang mendasari multi-strategi yang dikembangkan dalam penelitian ini. Bab III mencakup, metode dan langkah-langkah pelaksanaan penelitian, partisipan penelitian, instrumen penelitian, serta teknik analisis data penelitian. Bab IV memaparkan temuan dan pembahasan hasil penelitian. Penulisan Bab IV menggunakan metode non tematik, artinya bagian temuan dan pembahasan dituliskan secara terpisah. Pemaparan pada bagian Bab IV dilakukan secara berurutan sesuai dengan urutan pertanyaan penelitian. Selanjutnya, bagian Bab V memaparkan tentang simpulan, implikasi dan rekomendasi yang diajukan berdasarkan hasil penelitian.