

MODEL BAHAN AJAR DAN KERANGKA-KERJA PEDAGOGIS MATEMATIKA UNTUK MENUMBUHKEMBANGKAN KEMAMPUAN BERPIKIR MATEMATIK TINGKAT TINGGI

Didi Suryadi
(*Universitas Pendidikan Indonesia*)

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model bahan ajar serta kerangka-kerja pedagogis matematika yang dapat digunakan untuk menumbuh-kembangkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi. Model bahan ajar yang dikembangkan dalam bentuk sajian masalah (kontekstual atau nonkontekstual) terbukti sangat efektif dalam menciptakan konflik kognitif bagi siswa. Dengan adanya konflik kognitif baik yang tersedia melalui bahan ajar maupun intervensi guru, dapat secara efektif membantu terbentuknya obyek-obyek mental baru yang pada proses tertentu dapat berfungsi sebagai stimulus internal lanjutan untuk mendorong terjadinya obyek mental baru lainnya. Sementara itu Pendekatan pembelajaran yang lebih bersifat tidak langsung ternyata telah mampu menciptakan ruang bagi siswa sehingga mereka dimungkinkan mencapai tahap perkembangan aktual maupun potensinya secara lebih optimal. Melalui pendekatan seperti ini siswa didorong untuk selalu menghadapi tantangan dalam bentuk sajian masalah, pertanyaan yang diajukan guru, serta bantuan-bantuan kecil berbentuk hints. Hal tersebut, tentu saja akan menjadi stimulus yang sangat efektif untuk mencapai tingkat perkembangan kemampuan berpikir yang lebih optimal.

A. Latar Belakang

Upaya untuk meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) Indonesia sehingga memiliki kemampuan memadai untuk memenangkan berbagai persaingan perlu terus ditumbuh-kembangkan. SDM yang diharapkan dapat memenuhi tantangan kemajuan serta persaingan yang bersifat global adalah mereka yang antara lain memiliki kemampuan berpikir secara kritis, logis, sistematis, dan kreatif sehingga mampu menghadapi berbagai permasalahan kehidupan secara mandiri dengan penuh rasa percaya diri. Upaya ini tentu saja tidak mungkin dilakukan melalui cara-cara lama yang cenderung mengandalkan proses pengembangan kemampuan yang lebih bersifat prosedural serta kurang memuat tantangan. Upaya tersebut perlu dikembangkan lebih jauh lagi sehingga menyentuh aspek-aspek yang memungkinkan seseorang mampu mengembangkan potensi yang dimilikinya secara optimal. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan mengembangkan program pendidikan yang berfokus pada pengembangan kemampuan berpikir. Pengembangan kemampuan tersebut antara lain dapat dilakukan melalui matematika yang secara substansial dapat mendorong pengembangan kemampuan berpikir siswa.

Pengembangan kemampuan berpikir, khususnya yang mengarah pada berpikir tingkat tinggi, perlu mendapat perhatian serius karena sejumlah hasil studi (misalnya Henningsen dan Stein, 1997; Peterson, 1988; Mullis, dkk. 2000) menunjukkan bahwa pembelajaran matematika pada umumnya masih berfokus pada pengembangan

kemampuan berpikir tahap rendah yang bersifat prosedural. Dalam laporan hasil studi TIMSS 1999 yang dilakukan di 38 negara (termasuk Indonesia), Mullis, dkk. (2000) antara lain menjelaskan bahwa sebagian besar pembelajaran matematika belum berfokus pada pengembangan penalaran matematik siswa. Secara umum, pembelajaran matematika masih terdiri atas rangkaian kegiatan berikut: awal pembelajaran dimulai dengan sajian masalah oleh guru, selanjutnya dilakukan demonstrasi penyelesaian masalah tersebut, dan terakhir guru meminta siswa untuk melakukan latihan penyelesaian soal. Laporan tersebut juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang lebih menekankan pada aktivitas penalaran dan pemecahan masalah sangat erat kaitannya dengan capaian prestasi siswa yang tinggi. Sebagai contoh, pembelajaran matematika di Jepang dan Korea yang lebih menekankan pada aspek penalaran dan pemecahan masalah telah mampu menghasilkan siswa berprestasi tinggi dalam tes matematika yang dilakukan oleh TIMSS.

Lemahnya kemampuan berpikir matematik, penalaran, pemecahan masalah, dan pemahaman konsep di kalangan siswa telah banyak menarik perhatian para pendidik dan peneliti pendidikan matematika seperti tersirat dalam ungkapan Henningsen dan Stein (1997) yang menyatakan bahwa *"much discussion and concern have been focused on limitations in students' conceptual understanding as well as on their thinking, reasoning, and problem-solving skills in mathematics"* (h. 524). Aktivitas penelitian yang berfokus pada kemampuan tersebut pada dasarnya dilandaskan pada pandangan dinamik tentang matematika yang mencakup suatu proses matematik aktif dan generatif. Gagasan diterapkannya pandangan yang lebih dinamik ini memiliki implikasi yang sangat luas pada aktivitas belajar dan mengajar matematika. Dalam hal ini Henningsen dan Stein (1997) mengajukan sebuah pertanyaan *"what students need to learn and the kinds of activities in which students and teachers should engage during classroom interaction"* (h.525). Jawaban atas pertanyaan tersebut tentu saja bukan hal yang mudah untuk diperoleh karena selain memerlukan pengkajian mendalam tentang aspek-aspek yang berkenaan dengan matematika dan pembelajarannya, upaya-upaya lain yang berbasis penelitian perlu dilakukan secara lebih mendalam.

Survey yang dilakukan *JICA Technical Cooperation Project for Development of Science and Mathematics Teaching for Primary and Secondary Education in Indonesia* atau IMSTEP pada tahun 1999 di Kota Bandung, antara lain menemukan sejumlah kegiatan bermatematika yang dipandang sulit oleh siswa maupun oleh guru matematika SLTP. Kegiatan bermatematika yang dipandang sulit oleh siswa untuk mempelajarinya dan oleh guru untuk mengajarkannya antara lain adalah jastifikasi atau pembuktian, pemecahan masalah yang memerlukan penalaran matematik, menemukan generalisasi atau konjektur, dan menemukan hubungan antara data-data atau fakta yang diberikan. Hasil studi internasional ketiga dalam bidang matematika dan IPA (TIMSS) untuk kelas dua SLTP (*eighth grade*), memperlihatkan bukti lebih jelas bahwa soal-soal matematika tidak rutin yang memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada umumnya tidak berhasil dijawab dengan benar oleh sampel siswa Indonesia. Untuk penyelesaian soal-soal seperti itu, prestasi siswa Indonesia berada jauh di bawah rata-rata Internasional.

Dalam rangka mengembangkan kemampuan berpikir matematik siswa, guru dapat menggunakan pendekatan bervariasi mulai dari yang lebih bersifat langsung sampai pendekatan tidak langsung. Basden, dkk. (2002) mengajukan beberapa contoh pendekatan tidak langsung yang dapat digunakan untuk memfasilitasi proses berpikir matematik siswa yaitu mencakup: pertanyaan tidak mengarahkan (*non-leading questions*) sebagai respon atas ide yang diajukan siswa, menangkap inti jawaban atau penjelasan siswa untuk melihat secara hati-hati apa yang telah diungkapkan siswa, membuat kesimpulan atas diskusi yang dilakukan, dan menggunakan waktu tunggu sambil mengajukan pertanyaan sehingga siswa berpikir serta berusaha menjelaskan hasil berpikirnya. Jenis intervensi guru yang bersifat tidak langsung seperti itu diyakini sangat berpotensi sebagai cara untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir matematiknya. Hasil studi Henningsen dan Stein (1997), serta Peterson dan Fennema (1985) lebih memperkuat keyakinan ini karena pendekatan pembelajaran yang memungkinkan siswa memiliki otonomi lebih luas dalam proses belajarnya dapat mendorong mereka untuk aktif berpikir. Sebagai contoh, pendekatan *scaffolding* dalam studi Henningsen dan Stein dapat secara efektif mendorong perkembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Studi Peterson dan Fennema menunjukkan bahwa tipe aktivitas tertentu yang dikembangkan melalui pembelajaran langsung (*direct instruction*) lebih cocok untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat rendah, sementara aktivitas belajar lainnya yang dikembangkan melalui pendekatan tidak langsung lebih berhasil meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa.

Tersusunnya kurikulum baru (Kurikulum 2004) menuntut upaya antisipasi dari berbagai pihak yang berkepentingan. Upaya antisipasi ini menjadi sangat penting untuk segera dilakukan, karena sejumlah perubahan yang tercakup dalam kurikulum tersebut menyentuh beberapa aspek mendasar yang tidak mudah untuk dipahami serta diimplementasikan di lapangan. Jika dibandingkan dengan kurikulum sebelumnya, kurikulum berbasis kompetensi ini memuat perubahan yang cukup mendasar terutama dalam hal penerapan pandangan bahwa dalam proses belajar, anak dianggap sebagai pengembang pengetahuan. Dalam hal penyajiannya, kurikulum ini juga berbeda dengan kurikulum sebelumnya. Komponen-komponen yang tercakup di dalamnya adalah: (1) Kemahiran matematika yang meliputi kemampuan penalaran, komunikasi, pemecahan masalah, serta memiliki sikap menghargai kegunaan matematika (2) Standar kompetensi, yakni kemampuan matematik yang terkait dengan materi pokok yakni bilangan, aljabar, geometri dan pengukuran, serta peluang dan statistika (3) Indikator pencapaian hasil belajar, yakni kompetensi dasar spesifik yang menjadi ukuran tercapainya hasil belajar siswa.

Untuk tercapainya kompetensi yang telah ditetapkan dalam kurikulum, guru dituntut untuk menjabarkan kegiatan belajar mengajar dalam bentuk silabus atau perencanaan mengajar dengan mempertimbangkan beberapa hal penting seperti: pengurutan kemampuan dasar menjadi pokok bahasan perlu memperhatikan aspek keterkaitan, kemampuan *pemecahan masalah* serta *penalaran* dan *komunikasi* merupakan kemampuan yang harus dicapai melalui kegiatan belajar matematika, diversifikasi

kurikulum perlu dilakukan untuk melayani kelompok siswa pandai, dan pengenalan konsep matematika bisa dimulai dengan masalah kontekstual.

Terjadinya perubahan mendasar dalam hal peranan siswa sebagai pengembang pengetahuan serta aspek pembelajaran yang lebih menekankan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah serta penalaran dan komunikasi, maka studi yang berfokus pada pengembangan model bahan ajar serta kerangka-kerja pedagogis matematika yang diperkirakan dapat meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa merupakan langkah strategis dalam upaya meningkatkan kualitas SDM.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan bahan ajar serta pendesainan kerangka-kerja pedagogis matematika yang dapat digunakan untuk menumbuh-kembangkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa siswa sekolah menengah. Penelitian ini dikerjakan dalam tiga tahap dengan masing-masing tahap dikerjakan dalam satu tahun. Tahap terakhir penelitian ditujukan untuk memperoleh hal berikut:

- (1) Bahan ajar dan kerangka-kerja pedagogis dalam bentuk final yang sudah melalui proses ujicoba operasional (*Operational field testing*).
- (2) Deskripsi hasil ujicoba operasional.

C. Hasil Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa faktor yaitu kerangka kerja pedagogis atau pendekatan pembelajaran dan model bahan ajar, serta kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi. Terdapat beberapa perbedaan karakteristik dalam hal model sajian bahan ajar, intervensi guru, serta interaksi kelas. Gambaran perbedaan karakteristik tersebut dapat diperoleh melalui tabel berikut ini.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Pendekatan Pembelajaran

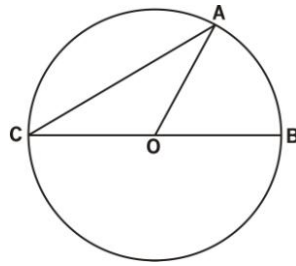
Pendekatan Tidak Langsung	Pendekatan Gabungan (Langsung & T. Langsung)	Pendekatan Langsung (yang biasa digunakan)
Bahan ajar utama dikemas dalam bentuk sajian masalah sehingga konsep, prosedur, dan prinsip dalam matematika diperoleh siswa melalui aktivitas pembelajaran yang bersifat tidak langsung (misalnya melalui penemuan, pemecahan masalah, eksplorasi pola)	Bahan ajar utama dikemas dalam bentuk sajian masalah, sama seperti yang diberikan melalui pendekatan tidak langsung. Perbedaannya, bahan penunjang yang diperlukan untuk memahami bahan ajar utama disajikan guru secara langsung terutama pada saat siswa membutuhkannya.	Bahan ajar seperti yang termuat dalam buku ajar atau disajikan guru di kelas, diberikan dengan model langsung yaitu melalui sajian konsep, prosedur, dan prinsip dalam matematika. Sajian tersebut biasanya disertai pemberian contoh-contoh, serta diakhiri dengan latihan pengerjaan soal.
Model intervensi guru yang dikembangkan dalam pendekatan ini lebih bersifat tidak langsung, yakni melalui teknik <i>scaffolding</i> antara lain berupa pengajuan pertanyaan, pemberian <i>hints</i> , serta pengajuan masalah berbeda baik sebagai pembandingan maupun untuk keperluan pengembangan.	Model intervensi yang dikembangkan dalam pendekatan ini, pada dasarnya sama dengan yang dilakukan dalam pendekatan tidak langsung kecuali untuk materi yang bukan merupakan bahan utama. Untuk materi tersebut model intervensinya dilakukan secara langsung yakni tidak menggunakan teknik <i>scaffolding</i> .	Model intervensi yang dilakukan dalam pendekatan ini lebih bersifat langsung yakni dengan cara menjelaskan atau memberikan contoh.

Pendekatan Tidak Langsung	Pendekatan Gabungan (Langsung & T. Langsung)	Pendekatan Langsung (yang biasa digunakan)
Model interaksi yang dikembangkan dalam pendekatan ini bersifat multiarah	Model interaksi yang dikembangkan dalam pendekatan ini bersifat multiarah	Model interaksi yang dikembangkan dalam pendekatan ini bersifat satu atau dua arah

Berdasarkan hasil penelitian baik yang dilakukan pada tahap kedua maupun tahap ketiga, ternyata bahwa pendekatan pembelajaran tidak langsung dan gabungan dapat secara efektif meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa. Walaupun untuk kompetensi matematik tertentu seperti kemampuan mengajukan bukti atau argumentasi, kemampuan menemukan pola serta mengajukan generalisasi berdasarkan pola yang ditemukan masih menjadi kendala berarti bagi sebagian siswa, akan tetapi apabila model pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini dilaksanakan secara konsisten sehingga menjadi bagian integral dari implementasi kurikulum, maka bukan hal yang mustahil apabila kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa akan bisa dikembangkan secara lebih optimal. Keyakinan ini memiliki dasar yang kuat karena tiga karakteristik utama yang dimiliki pendekatan pembelajaran yang digunakan, masing-masing dapat merupakan bagian dari suatu sistem pembelajaran yang mampu memberikan kontribusi terhadap proses pembentukan obyek-obyek mental baru dalam diri anak. Proses pembentukan obyek mental tersebut dilakukan secara aktif oleh anak baik dalam tataran individual maupun sebagai bagian dari komunitas belajar di kelas.

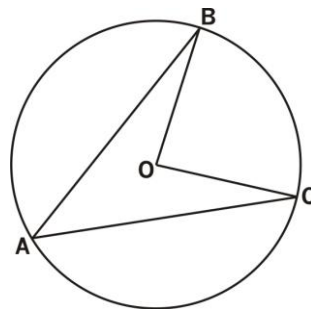
Proses pembelajaran yang dilakukan dalam kelas-kelas eksperimen meliputi dua bagian utama yakni implementasi bahan ajar dan pendekatan pembelajaran yang didasarkan pada kerangka pedagogis yang direncanakan. Bahan ajar yang dikembangkan dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan siswa memperoleh kesempatan untuk mengembangkan konsep, prosedur, serta prinsip dalam matematika melalui suatu aktivitas belajar secara bervariasi meliputi kegiatan yang bersifat individual, kelompok atau berpasangan, sampai kegiatan kelas. Setiap kegiatan yang dikembangkan diawali dengan sajian masalah yang berfungsi sebagai stimulus awal untuk mendorong terjadinya proses aktivitas mental pada diri anak.

Berdasarkan teori belajar yang menjadi landasan utama pengembangan model pembelajaran dalam penelitian ini, jelaslah bahwa faktor stimulus memainkan peranan sangat penting untuk terjadinya rangkaian aktivitas mental berupa aksi-proses-obyek-skema. Dalam pembelajaran matematika yang dilakukan melalui pendekatan tidak langsung atau pendekatan gabungan, hal tersebut dijabarkan dalam bentuk masalah matematik yang memuat tantangan untuk terjadinya proses berpikir yang meliputi pengaitan antar obyek-obyek mental yang sudah dimiliki siswa sehingga terbentuk obyek mental baru. Sebagai contoh, salah satu masalah matematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengenai hubungan sudut keliling dengan sudut pusat lingkaran. Masalah pertama yang diajukan merupakan kasus khusus, karena salah satu segmen pembentuk sudut kelilingnya merupakan diameter lingkaran seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Dengan menggunakan gambar ini, siswa diminta menentukan hubungan antara sudut ACB dengan sudut AOB . Setelah siswa berhasil mengidentifikasi jenis segitiga AOC sebagai segitiga samakaki dan AOB sebagai sudut luar segitiga tersebut, maka dengan mudah siswa dapat menentukan hubungan antara sudut ACB dengan sudut AOB . Dari ilustrasi ini dapat disimpulkan bahwa obyek-obyek mental yang telah dimiliki siswa tentang sifat segitiga samakaki dan hubungan antara sudut dalam segitiga dengan sudut luarnya, dapat digunakan untuk membentuk obyek mental baru berupa hubungan antara sudut ACB yang merupakan sudut keliling dengan sudut pusat AOB .

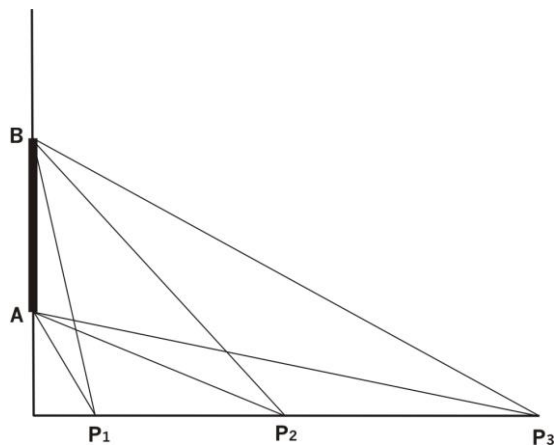
Agar siswa mampu menggunakan obyek mental yang baru terbentuk pada situasi berbeda, kepada mereka selanjutnya diajukan masalah berikutnya yang merupakan pengembangan dari masalah di atas. Pada masalah ini siswa diminta membuktikan bahwa ukuran sudut BOC adalah dua kali ukuran sudut BAC . Berikut adalah gambar yang berkaitan dengan masalah tersebut.



Bagi siswa yang bisa melihat benang merah antara masalah pertama dengan masalah kedua ini, dapat dengan mudah membuktikannya yakni dengan terlebih dahulu menggambar diameter lingkaran yang melalui titik A dan O. Sementara bagi mereka yang masih menghadapi kesulitan untuk membuktikan masalah tersebut, dengan diberikannya sedikit *hint*, misalnya 'ingat diameter lingkaran', maka dengan mudah mereka dapat membuktikannya. Terbentuknya obyek-obyek mental baru ini tentu saja dapat dikembangkan lebih jauh lagi sehingga diperoleh obyek mental baru lainnya, misalnya tentang pembuktian ukuran sudut keliling yang menghadap busur setengah lingkaran. Bahkan, setelah siswa belajar tentang sifat-sifat sudut yang dibentuk dua talibusur lingkaran, mereka dapat dihadapkan pada pemecahan masalah lebih sulit atau yang

melibatkan obyek mental yang cukup banyak dan kompleks. Sebagai contoh, salah satu masalah yang diajukan melalui pembelajaran dalam penelitian ini adalah tentang penentuan posisi tempat duduk penonton dalam sebuah bioskop agar diperoleh sudut pandang terbesar. Soal ini tergolong sulit karena fakta-fakta yang tersedia tidak secara eksplisit terkait dengan lingkaran. Padahal, untuk bisa menyelesaikan soal ini siswa terlebih dahulu harus menyadari bahwa permasalahan yang diajukan sebenarnya terkait dengan sifat-sifat sudut keliling lingkaran serta hubungannya dengan sudut yang dibentuk talibusur lingkaran. Bagi siswa yang sudah menyadari hal tersebut, juga belum tentu dapat dengan mudah menyelesaikan masalah yang diajukan tanpa intervensi guru yang dapat dilakukan melalui teknik *scaffolding*. Soal tersebut secara lengkapnya adalah sebagai berikut.

Pada gambar di bawah ini, AB adalah penampang sebuah layar bioskop, sedangkan titik P adalah posisi tempat duduk penonton.



1. Ukurlah besar sudut AP_1B , AP_2B , dan AP_3B . Sudut manakah yang paling besar?
2. Tentukan posisi titik P pada garis horizontal sehingga diperoleh sudut APB yang terbesar (sudut pandang dari posisi tempat duduk P terhadap layar AB yang terbesar).

Untuk mendorong terjadinya aktivitas mental bersifat konstruktif dalam proses pembentukan obyek-obyek mental baru, perlu dikembangkan model interaksi sosial antar komunitas belajar di kelas. Untuk mencapai tujuan tersebut, dalam penelitian ini telah digunakan kerangka teori *ZPD* dari Vygotsky yang meliputi dua tahapan perkembangan yaitu aktual dan potensial. Untuk memperoleh hasil optimal dalam proses belajar, maka masing-masing tahapan perkembangan tersebut harus dilakukan secara optimal.

Untuk mencapai hasil belajar optimal pada tahapan *actual development*, siswa dihadapkan pada serangkaian tugas-tugas matematik yang dapat menjadi stimulus awal terjadinya aktivitas mental. Melalui pengerjaan tugas-tugas matematik yang diberikan, siswa memperoleh kesempatan untuk melakukan berbagai aksi mental yang mengarah pada terbentuknya suatu obyek kognitif. Jika selama melakukan aktivitas mentalnya

mereka sudah mencapai batas perkembangan aktualnya, maka fase interaksi sosial yang dijabarkan dalam bentuk interaksi antar siswa atau interaksi guru-siswa memainkan peranan penting dalam upaya mencapai tahapan perkembangan potensial siswa.

Seperti sudah dinyatakan sebelumnya bahwa pendekatan pembelajaran tidak langsung dan pendekatan gabungan yang digunakan dapat menyangkut tiga hal yakni model sajian bahan ajar, pola interaksi, dan model intervensi guru. Pola interaksi yang didasarkan pada teori belajar dari Vygotsky pada prinsipnya menganut pandangan bahwa dalam proses belajar, siswa harus terlibat secara aktif. Dalam pembelajaran matematika, tentu saja aktivitas siswa tersebut lebih bersifat mental. Namun demikian, dalam prosesnya aktivitas mental tersebut dapat diekspresikan dalam bentuk-bentuk yang bisa diamati baik secara oral maupun tertulis. Dengan demikian, pola interaksi dalam proses pembelajaran dikembangkan sedemikian rupa sehingga setiap siswa mampu mengekspresikan aktivitas mentalnya yang memungkinkan terjadinya interaksi di antara anggota komunitas kelas. Bentuk-bentuk interaksi yang terjadi antara lain berupa diskusi kelompok, diskusi kelas, tanya-jawab, pengajuan argumentasi, atau eksplanasi. Kegiatan-kegiatan seperti itu dipandang penting untuk dilakukan karena, setelah siswa melakukan aktivitas mental tertentu serta mampu mencapai suatu tahapan pemahaman, mereka memiliki kesempatan untuk melakukan refleksi atas apa yang telah dicapainya serta kemungkinan akan memperoleh stimulus baru yang memungkinkan terjadinya aktivitas mental lanjutan.

Proses perubahan dari tahapan perkembangan aktual ke perkembangan potensial bisa terjadi sebagai akibat adanya interaksi antara individu dengan individu lain yang mempunyai kemampuan lebih. Dalam proses pembelajaran, individu lain yang memiliki kemampuan lebih tersebut bisa merupakan siswa lain dari anggota komunitas kelas atau guru. Dengan demikian, guru memegang peranan yang sangat penting dalam menciptakan intervensi yang memungkinkan terjadinya proses perubahan kemampuan pada diri siswa secara optimal. Dalam penelitian ini, intervensi tersebut lebih bersifat tidak langsung sehingga menjadi stimulus lanjutan yang dapat mendorong terjadinya aktivitas mental selanjutnya. Intervensi guru tersebut terutama dirancang dalam bentuk pengajuan *hints* atau pertanyaan yang disajikan melalui teknik *scaffolding*.

Proses pencapaian perkembangan aktual yang diperoleh melalui upaya bersifat mandiri ternyata cukup bervariasi tergantung pada kemampuan serta pengalaman belajar siswa. Namun demikian, sekalipun pengalaman belajar atau pengetahuan awal yang dimiliki relatif sama, akan tetapi dalam pencapaian perkembangan potensialnya, setiap siswa memiliki kapasitas serta kecepatan yang berbeda-beda. Walaupun perbedaan pencapaian potensial sangat bervariasi tergantung kemampuan dasar individual, akan tetapi melalui kerjasama antar siswa serta diskusi kelas yang dipimpin guru secara bertahap dapat mengurangi terjadinya kesenjangan perkembangan kemampuan antar siswa tersebut.

Keyakinan di atas cukup beralasan karena berdasarkan analisis kuantitatif, ditemukan bahwa ragam kemampuan siswa yang berasal dari sekolah dengan peringkat berbeda ternyata tidak menjadi halangan berarti untuk tumbuh dan berkembangnya kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa. Walaupun tingkat perkembangan tersebut sangat relatif terhadap titik awal kemampuan siswa, akan tetapi faktor pendekatan

pembelajaran yang dikembangkan cukup memberi keyakinan yang sangat kuat bahwa pendekatan yang lebih bersifat tidak langsung dapat secara efektif mempengaruhi proses perkembangan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa. Hal ini sangat sesuai dengan teori perkembangan skema yang meliputi rangkaian pembentukan obyek-obyek mental baru. Tantangan-tantangan yang diajukan guru dalam bentuk sajian masalah, pertanyaan, atau hints pada gilirannya mampu menjadi stimulus yang sangat efektif untuk terbentuknya obyek-obyek mental baru yang merupakan fondasi kuat untuk terbentuknya suatu struktur mental yang disebut skema. Menurut Skemp (1971), skema tersebut memiliki dua fungsi yaitu untuk mengintegrasikan pengetahuan yang telah ada serta sebagai sebuah alat mental dalam proses pemerolehan pengetahuan baru.

Efektivitas pendekatan pembelajaran yang bersifat tidak langsung baik menyangkut sajian bahan ajar, model intervensi guru, maupun model interaksi kelas yang dikembangkan, dapat melengkapi hasil-hasil penelitian lain yang sejalan misalnya dari Smith (2004), serta Murata, Otani, Hattori, dan Fuson (2004). Dalam hasil penelitian Smith tentang implementasi tugas matematik (*mathematical task*), antara lain dijelaskan beberapa aspek yang berkaitan dengan cara guru matematika di Jepang berupaya mendorong siswa terlibat secara aktif dalam proses berpikir matematik. Untuk mendorong proses berpikir matematik siswa, guru antara lain melakukan teknik *probing* dengan tujuan agar siswa mampu memberikan penjelasan yang lebih rinci tentang hasil dari suatu proses berpikir yang dilakukan. Untuk mengembangkan kemampuan berpikir alternatif, siswa juga didorong untuk menemukan alternatif solusi terhadap suatu masalah yang diberikan. Lebih jauh dari itu, agar siswa memiliki pemahaman lebih komprehensif tentang masalah yang dihadapi, maka selanjutnya dilakukan analisis dan perbandingan terhadap alternatif solusi yang ditemukan siswa. Jika strategi pembelajaran yang dikemukakan Smith (2004) tersebut lebih menekankan pada pengembangan kemampuan berpikir kreatif yakni melalui dorongan untuk memunculkan solusi alternatif serta membahasnya dalam diskusi kelas, dalam pendekatan tidak langsung yang dikembangkan, hal tersebut merupakan bagian yang tak terpisahkan dari strategi keseluruhan yang lebih umum. Hal utama yang menjadi titik berat dari pendekatan tidak langsung adalah model intervensi gurunya yang lebih bersifat tidak langsung. Dengan demikian, tidak menjadi masalah apakah soal yang diajukan kepada siswa bersifat *open ended* atau bukan.

Elaborasi strategi intervensi yang didasarkan pada kenyataan bahwa siswa memiliki pemikiran (*ide*) serta alur belajar berbeda, dijelaskan oleh Murata, dkk. (2004) dalam penelitiannya tentang pembelajaran matematika untuk mengembangkan pemahaman. Strategi tersebut meliputi tiga hal yakni menghargai ide dan cara berpikir siswa, menyediakan representasi visual untuk mendorong tahapan-tahapan belajar, dan menghargai serta mendorong perbedaan alur belajar siswa. Walaupun strategi yang dikemukakan Murata, dkk. pada dasarnya sejalan dengan strategi intervensi yang dilakukan dalam pendekatan tidak langsung, akan tetapi elaborasi strategi yang cukup rinci dapat menjadi acuan pelengkap untuk lebih menyempurnakan pendekatan tidak langsung yang dikembangkan.

Seperti telah diutarakan sebelumnya, bahwa kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi yang diungkapkan melalui kedua jenis instrumen yang digunakan meliputi kemampuan menyelesaikan masalah tidak rutin, mengajukan jastifikasi atau argumentasi, membuktikan berdasarkan fakta-fakta yang diketahui atau dimanipulasi, menemukan pola, serta mengajukan generalisasi berdasarkan pola yang ditemukan. Untuk soal-soal yang dikembangkan berdasarkan materi ajar, ternyata sebagian besar siswa kelas-kelas eksperimen telah berhasil menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir matematiknya secara berarti dibanding siswa dari kelas kontrolnya masing-masing. Beberapa indikator keberhasilan tersebut antara lain berkaitan dengan kemampuan menemukan strategi penyelesaian yang tepat, serta menggunakan konsep-konsep relevan sesuai masalah yang diajukan. Sebagian kecil dari mereka ada yang mampu mengajukan argumentasi relevan dan tepat, menemukan pola berdasarkan fakta-fakta yang tersedia, serta mengajukan bentuk umum dari pola yang ditemukan. Namun demikian, sebagian siswa dari kelas eksperimen masih banyak yang memperlihatkan kesulitan terutama dalam mengajukan argumentasi, menerapkan konsep yang relevan, serta menemukan pola dan bentuk umumnya. Sebagian besar siswa masih sulit untuk memahami makna atau maksud dari *pola ke-n*.

Untuk soal-soal yang dikembangkan tidak berdasarkan materi ajar, ternyata bahwa siswa kelas eksperimen dari sekolah berperingkat tinggi atau mereka yang memiliki tingkat Kemampuan Matematika Umum (KMU) tinggi telah mampu menunjukkan kemampuan lebih baik dibandingkan siswa dari sekolah peringkat rendah atau siswa dengan tingkat KMU rendah. Namun demikian, secara umum siswa dari kelas-kelas eksperimen telah mampu menunjukkan hasil belajar lebih baik dibanding siswa pada kelas kontrolnya. Jenis kemampuan berpikir yang dapat berkembang dengan baik, secara umum serupa dengan yang ditunjukkan siswa pada Tes A. Demikian pula dengan jenis-jenis kesulitan yang diperlihatkan melalui respon mereka. Kemampuan mengajukan argumentasi secara tepat, serta menemukan pola dan mengajukan bentuk umumnya, merupakan jenis kemampuan yang tergolong sulit bagi siswa pada umumnya.

Gambaran respons siswa yang dikemukakan di atas, membuktikan bahwa untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa bukanlah pekerjaan yang mudah. Namun demikian, karena hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan yang bersifat tidak langsung sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir matematik siswa, termasuk mereka yang memiliki tingkat KMU rendah, maka apabila pendekatan ini digunakan secara konsisten dan merupakan bagian tidak terpisahkan dari implementasi kurikulum secara keseluruhan, maka tidak mustahil kalau pembelajaran matematika akan bisa ditingkatkan kualitasnya.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diajukan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Bahan ajar yang dikembangkan dalam bentuk sajian masalah (kontekstual atau nonkontekstual) terbukti sangat efektif dalam menciptakan stimulus bagi siswa. Dengan adanya stimulus baik yang tersedia melalui bahan ajar maupun intervensi guru, dapat secara efektif membantu terbentuknya obyek-obyek mental baru yang pada proses tertentu dapat berfungsi sebagai stimulus internal lanjutan untuk mendorong terjadinya obyek mental baru lainnya.
- Pendekatan pembelajaran tidak langsung dan gabungan pendekatan langsung dan tidak langsung yang meliputi sajian masalah, diskusi dengan teman sebangku atau diskusi kelompok kecil, pemberian hints oleh guru ketika siswa mengalami kesulitan, diskusi kelas, dan penarikan kesimpulan secara bersama-sama, telah berhasil mendorong siswa terlibat aktif belajar. Selain itu respon siswa terhadap pembelajaran yang dilaksanakan ternyata sangat positif yang antara lain terlihat dari hasil angket, observasi kelas, serta hasil wawancara dengan siswa.
- Pendekatan pembelajaran yang lebih bersifat tidak langsung ternyata telah mampu menciptakan ruang bagi siswa sehingga mereka dimungkinkan mencapai tahap perkembangan aktual maupun potensialnya secara lebih optimal. Melalui pendekatan seperti ini siswa didorong untuk selalu menghadapi tantangan dalam bentuk sajian masalah, pertanyaan yang diajukan guru, serta bantuan-bantuan kecil berbentuk hints. Hal tersebut, tentu saja akan menjadi stimulus yang sangat efektif untuk mencapai tingkat perkembangan kemampuan berpikir yang lebih optimal.
- Berdasarkan analisis terhadap kinerja siswa dalam proses pembelajaran, ditemukan bahwa terdapat beberapa jenis kemampuan berpikir atau kompetensi matematik yang cukup sulit dikembangkan sehingga dalam prosesnya diperlukan intervensi guru yang cukup banyak. Jenis kompetensi matematik tersebut adalah kemampuan menemukan prosedur (algoritma), kemampuan mengajukan jastifikasi atau pembuktian, dan kemampuan menemukan pola serta mengajukan generalisasi berdasarkan pola yang ditemukan. Kompetensi matematik yang menjadi sumber kesulitan bagi siswa pada akhirnya juga akan menjadi sumber kesulitan bagi guru. Hal ini disebabkan karena guru perlu melakukan persiapan secara matang termasuk melakukan prediksi terhadap berbagai kemungkinan yang akan muncul termasuk jenis-jenis intervensi dan penyediaan hints yang terkait dengan bahan ajar yang digunakan. Beberapa kompetensi matematik yang terlihat menonjol dalam peningkatannya adalah kemampuan menemukan strategi penyelesaian masalah, kemampuan menerapkan konsep yang relevan, serta kemampuan penalaran adaptif melalui penyelesaian masalah yang tidak terkait dengan bahan ajar dalam penelitian. Namun demikian, terdapat juga kemampuan matematik yang masih menjadi sumber kesulitan bagi sebagian siswa yaitu pengajuan argumentasi serta penemuan pola dan pengajuan bentuk umumnya.

Daftar Pustaka

Basden, J., Boone, S., Fetter, A., Koenig, J., Lanius, C., Mabbott, A., McKinsty, J., Renninger, K.A., Salehi, R., Stein, S. Underwood, J., dan Weimar, S. (2001). *Encouraging Mathematical Thinking: Discourse Around A Rich Problem*. Colorado: The Math Forum

- Bell, F.H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics in Secondary Schools*. Dubuque: Wm.C. Brown Company Publishers.
- Dubinsky, E. (2001). *Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses*. University of Warwick
- Henningsen, M., & Stein, M.K. (1997). Mathematical Tasks and Student Cognition: Classroom-Based Factors That Support and Inhibit High-Level Mathematical Thinking and Reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 524-549.
- John, G.A., dan Thornton, C.A. (1993). Vygotsky Revisited: Nurturing Young Children's Understanding of Number. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 15, 18-28.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, DC: National Academy Press
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Gonzalez, E.J., Gregory, K.D., Garden, R.A., O'Connor, K.M., Krostowski, S.J., dan Smith, T.A. (2000). *TIMSS 1999: International Mathematics Report*. Boston: ISC
- Peterson, P.J. (1988). Teaching for Higher-Order Thinking in Mathematics: The Challenge for the Next Decade. Dalam D.A. Grouws, T.J. Cooney, & D. Jones (Eds.), *Effective Mathematics Teaching*. Virginia: NCTM
- Peterson, P., & Fennema, E. (1985). Effective teaching, students engagement in classroom activities, and sex-related differences in learning mathematics. *American Educational Research Journal*, 22(3), 309-335.
- Tall, D. (1998). Symbols and the Bifurcation between Procedural and Conceptual Thinking. Warwick: Mathematics Education Center.
- Tall, D. (1999). Reflections on APOS theory in Elementary and Advanced Mathematical Thinking. Haifa: PME23

Penulis:

Dr. Didi Suryadi, M.Ed. adalah dosen Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Saat ini menjabat sebagai Pembantu Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan di FPMIPA UPI.