

PENDIDIKAN MATEMATIKA

Abstrak

Pendidikan matematika di Indonesia berkembang sejalan dengan perkembangan pendidikan matematika dunia. Perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses pembelajaran di kelas, selain dipengaruhi adanya tuntutan sesuai perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan juga seringkali diawali adanya perubahan pandangan tentang hakekat matematika serta pembelajarannya. Perubahan pandangan tentang hakekat matematika dapat mendorong terjadinya perubahan substansi kurikulum. Sementara itu perubahan pandangan tentang pembelajaran matematika sangat dipengaruhi oleh terjadinya perkembangan mengenai teori belajar baik yang bersifat umum maupun yang khusus berkaitan dengan belajar matematika. Walaupun perubahan pembelajaran matematika saat ini terjadi secara pelan-pelan, akan tetapi upaya-upaya untuk memperbaiki kualitasnya sesuai perkembangan yang terjadi di dunia mulai dilakukan sekalipun masih bersifat terbatas. Beberapa pendekatan baru yang menjadi acuan upaya perbaikan pembelajaran baik bagi para peneliti maupun guru-guru matematika di lapangan antara lain adalah pendekatan Realistic Mathematics Education, Pendekatan Open-Ended, dan Pendekatan Kontekstual.

Bagian ini memuat uraian tentang beberapa hal yang berkaitan dengan pendidikan matematika khususnya di Indonesia. Uraian tersebut antara lain meliputi perkembangan kurikulum matematika sekolah di Indonesia, pembelajaran matematika masa kini, pengembangan kemampuan berpikir matematik, dan beberapa pendekatan pembelajaran matematika kontemporer yang banyak diadaptasi dalam proses pembelajaran matematika di Indonesia.

A. Perkembangan Kurikulum Matematika Sekolah

Perkembangan kurikulum matematika sekolah, khususnya ditinjau dari implementasi dan aspek teori belajar yang melandasinya, merupakan faktor yang sangat menarik dalam pembicaraan tentang pendidikan matematika. Hal ini dapat difahami sebab perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses pembelajaran matematika sekolah tidak terlepas dari adanya perubahan pandangan tentang hakekat matematika dan belajar matematika. Sebagai akibatnya, tidaklah mengherankan apabila terjadi perubahan kurikulum, maka berubah pulalah proses pembelajaran di dalam kelas.

Sejak tahun 1968, di Indonesia telah terjadi beberapa kali perubahan kurikulum matematika sekolah. Berdasarkan tahun terjadinya perubahan untuk tiap kurikulum, maka muncullah nama-nama kurikulum berikut: Kurikulum 1968, Kurikulum 1975, Kurikulum 1984, Kurikulum 1996, dan Kurikulum 1999. Selain itu, Sebelum muncul Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP), pada tahun 2002 telah disusun sebuah kurikulum yang disebut Kurikulum Berbasis Kompetensi.

Berdasarkan literatur yang ada, ciri-ciri pembelajaran matematika pada kurikulum 1968 antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Dalam pengajaran geometri, penekanan lebih diberikan pada keterampilan berhitung, misalnya menghitung luas bangun geometri datar atau volume bangun geometri ruang, bukan pada pengertian bagaimana rumus-rumus untuk melakukan perhitungan tersebut diperoleh (Ruseffendi, 1985, h.33).
- b. Lebih mengutamakan hafalan yang sifatnya mekanis daripada pengertian (Ruseffendi, 1979, h.2).
- c. Program berhitung kurang memperhatikan aspek kontinuitas dengan materi pada jenjang berikutnya, serta kurang terkait dengan dunia luar (Ruseffendi, 1979, h.4).
- d. Penyajian materi kurang memberikan peluang untuk tumbuhnya motivasi serta rasa ingin tahu anak (Ruseffendi, 1979, h.5).

Jika dilihat dari ciri-cirinya, pengajaran matematika pada kurikulum ini dimulai dengan penjelasan singkat yang disertai tanya-jawab dan penyajian contoh, serta dilanjutkan dengan pengerjaan soal-soal latihan baik yang bersifat prosedural atau penggunaan rumus tertentu. Dalam proses pengajaran tersebut, pengerjaan soal-soal latihan merupakan kegiatan yang diutamakan dengan maksud untuk memberi penguatan pada apa yang sudah dicontohkan guru di depan kelas. Dengan demikian, latihan untuk menghafalkan fakta dasar, algoritma, atau penggunaan rumus-rumus tertentu dapat dilakukan melalui pengerjaan soal-soal yang diberikan.

Menurut Skinner (dalam Ruseffendi, 1988, h.171), untuk menguatkan pemahaman siswa tentang apa yang baru dipelajari, maka setelah terjadinya proses stimulus-respon yang antara lain berupa tanya-jawab dalam proses pengajaran, harus dilanjutkan dengan memberikan penguatan antara lain berupa latihan soal-soal. Dengan demikian teori belajar yang dominan digunakan dalam implementasi kurikulum matematika 1968 adalah teori belajar dari Skinner.

Pada tahun 1975, terjadi perubahan yang sangat besar dalam pengajaran matematika di Indonesia yang ditandai dengan dimasukkannya matematika moderen ke dalam kurikulum 1975. Menurut Ruseffendi (1979, h.12-14), matematika moderen tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Terdapat topik-topik baru yang diperkenalkan yaitu himpunan, geometri bidang dan ruang, statistika dan probabilitas, relasi, sistem numerasi kuno, dan penulisan lambang bilangan nondesimal. Selain itu diperkenalkan pula konsep-konsep baru seperti penggunaan himpunan, pendekatan pengajaran matematika secara spiral, dan pengajaran geometri dimulai dengan lengkungan.
- b. Terjadi pergeseran dari pengajaran yang lebih menekankan pada hafalan ke pengajaran yang mengutamakan pengertian.
- c. Soal-soal yang diberikan lebih diutamakan yang bersifat pemecahan masalah daripada yang bersifat rutin.
- d. Ada kesinambungan dalam penyajian bahan ajar antara Sekolah Dasar dan Sekolah Lanjutan.
- e. Terdapat penekanan kepada struktur.
- f. Program pengajaran pada matematika moderen lebih memperhatikan adanya keberagaman antar siswa.
- g. Terdapat upaya-upaya penggunaan istilah yang lebih tepat.
- h. Ada pergeseran dari pengajaran yang berpusat pada guru ke pengajaran yang lebih berpusat pada siswa.
- i. Sebagai akibat dari pengajaran yang lebih berpusat pada siswa, maka metode mengajar yang lebih banyak digunakan adalah penemuan dan pemecahan masalah dengan teknik diskusi.
- j. Terdapat upaya agar pengajaran matematika dilakukan dengan cara yang menarik, misalnya melalui permainan, teka-teki, atau kegiatan lapangan.

Berdasarkan ciri-ciri pengajaran matematika moderen di atas, maka teori belajar yang dipergunakan lebih bersifat campuran. Hal ini sesuai dengan pendapat Ruseffendi (1988, h.178) yang menyatakan bahwa teori belajar-mengajar yang dipergunakan pada saat itu adalah campuran antara teori pengaitan dari Thorndike, aliran psikologi perkembangan seperti teori Piaget, serta aliran tingkah laku dari Skinner dan Gagne. Namun demikian, Ruseffendi selanjutnya menambahkan bahwa teori yang lebih

dominan digunakan adalah aliran psikologi perkembangan seperti dari Piaget dan Bruner sebab yang menjadi sentral pengajaran matematika adalah pemecahan masalah.

Perubahan dari Kurikulum 1975 ke Kurikulum 1984 sebenarnya tidak terlalu banyak baik dari sisi materi maupun cara pengajarannya. Perbedaan utama dengan kurikulum sebelumnya, pada Kurikulum 1984 ini materi pengenalan komputer mulai diberikan. Menurut Ruseffendi (1988, h.102), dimasukkannya materi komputer ke dalam kurikulum matematika sekolah merupakan suatu langkah maju. Hal ini dapat difahami, karena penggunaan alat-alat canggih seperti komputer dan kalkulator dapat memungkinkan siswa untuk melakukan kegiatan eksplorasi dalam proses belajar matematika mereka baik dengan menggunakan pola-pola bilangan maupun grafik.

Jika dilihat dari ciri-cirinya yang tidak jauh berbeda dengan kurikulum sebelumnya, maka teori belajar yang digunakan pada pengajaran matematika kurikulum 1984 ini juga lebih bersifat campuran antara teori pengaitan, aliran psikologi perkembangan, dan aliran tingkah laku.

Pada tahun 1994 terjadi lagi perubahan terhadap kurikulum pendidikan sekolah mulai tingkat SD sampai SMU. Pada bidang matematika, terdapat beberapa perubahan baik dari sisi materi maupun pengajarannya. Yang menjadi bahan kajian inti untuk matematika sekolah dasar adalah: aritmetika (berhitung), pengantar aljabar, geometri, pengukuran, dan kajian data (pengantar statistika). Pada kurikulum matematika SD ini, terdapat penekanan khusus pada *penguasaan bilangan* (number sense) termasuk di dalamnya berhitung. Untuk SLTP, bahan kajian intinya mencakup: aritmetika, aljabar, geometri, peluang, dan statistika. Dalam kurikulum ini terdapat upaya untuk menanamkan pemikiran deduktif yang ketat melalui struktur deduktif terbatas pada sebagian bahan geometri. Materi matematika untuk SMU terdapat sedikit perubahan yakni dimasukkannya pengenalan teori graf yang merupakan bagian dari matematika diskrit.

Berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki kurikulum matematika sekolah tahun 1994, perubahan yang sangat mendasar terjadi di sekolah dasar. Perubahan tersebut adalah adanya penekanan khusus yang diberikan pada penguasaan bilangan, termasuk di dalamnya berhitung. Implikasi dari perubahan ini, adalah digunakannya kembali secara dominan teori belajar dari Skinner. Sementara itu, pengajaran matematika untuk tingkat SLTP dan SMU nampaknya tidak jauh berbeda dengan yang terjadi sebelumnya.

Dengan demikian untuk tingkat SLTP dan SMU teori belajar yang digunakan dalam proses belajar-mengajar masih bersifat campuran dengan dominasi ada pada penerapan aliran psikologi perkembangan.

Sebagai langkah penyempurnaan pada Kurikulum 1994, terjadi sejumlah reduksi serta restrukturisasi materi bahan ajar sehingga muncul Kurikulum 1994. Sebagai contoh, beberapa bagian dari pokok bahasan himpunan di SLTP dihilangkan, dan pengantar teori graf di SMU juga dihilangkan. Selain itu, terdapat juga perubahan-perubahan kecil dan penyusunan kembali urutan penyajian untuk pokok-pokok bahasan tertentu. Selain dari hal tersebut, sebagian besar dari materi kurikulum 1999 hampir sama dengan kurikulum 1994. Dengan demikian, teori belajar yang digunakan pada kurikulum 1999 ini masih sama dengan yang digunakan pada implementasi kurikulum sebelumnya.

Pada tahun 2002, Pusat Kurikulum mengeluarkan dokumen kurikulum baru yang disebut Kurikulum Berbasis Kompetensi. Beberapa ciri penting dari kurikulum tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Karena kurikulum ini dikembangkan berdasarkan kompetensi tertentu, maka kurikulum 2002 diberi nama Kurikulum Berbasis Kompetensi.
- b. Berpusat pada anak sebagai pengembang pengetahuan.
- c. Terdapat penekanan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah; kemampuan berpikir logis, kritis, dan kreatif, serta kemampuan mengkomunikasikan gagasan secara matematik.
- d. Cakupan materi untuk sekolah dasar meliputi: bilangan, geometri dan pengukuran, pengolahan data, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
- e. Cakupan materi untuk SLTP meliputi: bilangan, aljabar, geometri dan pengukuran, peluang dan statistika, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
- f. Cakupan materi untuk SMU meliputi: aljabar, geometri dan pengukuran, trigonometri, peluang dan statistika, kalkulus, logika matematika, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
- g. Kurikulum berbasis kompetensi ini secara garis besarnya mencakup tiga komponen yaitu kompetensi dasar, materi pokok, dan indikator pencapaian hasil belajar.

h. Kemampuan *pemecahan masalah* serta *penalaran dan komunikasi* bukan merupakan pokok bahasan tersendiri, melainkan harus dicapai melalui proses belajar dengan mengintegrasikan topik-topik tertentu yang sesuai.

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. Selain itu, adanya penekanan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah; berfikir logis, kritis, dan kreatif; serta mengkomunikasikan gagasan secara matematik, maka teori belajar yang dominan digunakan kemungkinannya adalah aliran psikologi perkembangan serta konstruktivisme. Dalam penerapannya, guru antara lain harus mampu menciptakan suatu kondisi sehingga proses asimilasi dan akomodasi seperti yang dikemukakan Piaget dapat berjalan secara efektif. Selain itu, guru juga harus memperhatikan adanya keberagaman kemampuan di antara siswa sehingga dengan kondisi tertentu yang diciptakan guru, maka potensi masing-masing siswa dapat berkembang secara optimal.

B. Pembelajaran Matematika Masa Kini

Memahami teori tentang bagaimana orang belajar serta kemampuan menerapkannya dalam pengajaran matematika merupakan persyaratan penting untuk menciptakan proses pengajaran yang efektif. Berbagai studi tentang perkembangan intelektual manusia telah menghasilkan sejumlah teori belajar yang sangat bervariasi. Walaupun di antara para ahli psikologi, ahli teori belajar, dan para pendidik masih terdapat banyak perbedaan pemahaman tentang bagaimana orang belajar serta metoda paling efektif untuk terjadinya belajar, akan tetapi di antara mereka terdapat juga sejumlah kesepahaman. Menurut Bell (1978, h.97), tiap teori dapat dipandang sebagai suatu metoda untuk mengorganisasi serta mempelajari berbagai variabel yang berkaitan dengan belajar dan perkembangan intelektual, dan dengan demikian guru dapat memilih serta menerapkan elemen-elemen teori tertentu dalam pelaksanaan pengajaran di kelas.

Bagaimana matematika seharusnya dipelajari? Pertanyaan ini nampaknya sederhana, akan tetapi memerlukan jawaban yang tidak sederhana. Karena pandangan guru tentang proses belajar matematika sangat berpengaruh terhadap bagaimana mereka

melakukan pembelajaran di kelas, maka mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan belajar matematika harus menjadi prioritas bagi para pendidik matematika.

Gagasan tentang belajar bermakna yang dikemukakan oleh William Brownell pada awal pertengahan abad duapuluh merupakan ide dasar dari teori konstruktivisme. Menurut Brownell (dalam Reys, Suydam, Lindquist, & Smith, 1998), matematika dapat dipandang sebagai suatu sistem yang terdiri atas ide, prinsip, dan proses sehingga keterkaitan antar aspek-aspek tersebut harus dibangun dengan penekanan bukan pada memori atau hapalan melainkan pada aspek penalaran atau intelegensi anak. Selanjutnya Reys dkk. (1998) menambahkan bahwa matematika itu haruslah *make sense*. Jika matematika disajikan kepada anak dengan cara yang demikian, maka konsep yang dipelajari menjadi punya arti; dipahami sebagai suatu disiplin yang terurut, terstruktur, dan memiliki keterkaitan satu dengan lainnya; serta diperoleh melalui proses pemecahan masalah yang bervariasi. Dalam NCTM *Standards* (1989) belajar bermakna merupakan landasan utama untuk terbentuknya *mathematical connections*. Untuk terbentuknya kemampuan koneksi matematik tersebut, dalam NCTM *Standards* (2000) dijelaskan bahwa pembelajaran matematika harus diarahkan pada pengembangan kemampuan berikut: (1) memperhatikan serta menggunakan koneksi matematik antar berbagai ide matematik, (2) memahami bagaimana ide-ide matematik saling terkait satu dengan lainnya sehingga terbangun pemahaman menyeluruh, dan (3) memperhatikan serta menggunakan matematika dalam konteks di luar matematika.

Selain Brownell, ahli-ahli lain seperti Piaget, Bruner, dan Dienes memiliki kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan konstruktivisme. Berdasarkan pandangan ini, pengetahuan matematik dibentuk melalui tiga prinsip dasar berikut ini.

1. Pengetahuan tidak diterima secara pasif. Pengetahuan dibentuk atau ditemukan secara aktif oleh anak. Seperti disarankan Piaget bahwa pengetahuan matematika sebaiknya dikonstruksi oleh anak sendiri bukan diberikan dalam bentuk jadi.
2. Anak mengkonstruksi pengetahuan matematika baru melalui refleksi terhadap aksi-aksi yang dilakukan baik yang bersifat fisik maupun mental. Mereka melakukan observasi untuk menemukan keterkaitan dan pola, serta membentuk generalisasi dan abstraksi (Dienes, 1969, h.181).
3. Bruner (dalam Reys dkk., 1998, h. 19) berpandangan bahwa belajar, merefleksikan suatu proses sosial yang di dalamnya anak terlibat dalam dialog dan diskusi baik

dengan diri mereka sendiri maupun orang lain termasuk guru sehingga mereka berkembang secara intelektual. Prinsip ini pada dasarnya menyarankan bahwa anak sebaiknya tidak hanya terlibat dalam manipulasi material, pencarian pola, penemuan algoritma, dan menghasilkan solusi yang berbeda, akan tetapi juga dalam mengkomunikasikan hasil observasi mereka, membicarakan adanya keterkaitan, menjelaskan prosedur yang mereka gunakan, serta memberikan argumentasi atas hasil yang mereka peroleh.

Jelaslah bahwa prinsip-prinsip di atas memiliki implikasi yang signifikan terhadap pembelajaran matematika. Prinsip-prinsip tersebut juga mengindikasikan bahwa konstruktivisme merupakan suatu proses yang memerlukan waktu serta merefleksikan adanya sejumlah tahapan perkembangan dalam memahami konsep-konsep matematika. Menurut Vygotsky (dalam John dan Thornton, 1993), proses peningkatan pemahaman pada diri siswa terjadi sebagai akibat adanya pembelajaran. Diskusi yang dilakukan antara guru-siswa dalam pembelajaran, mengilustrasikan bahwa interaksi sosial yang berupa diskusi ternyata mampu memberikan kesempatan pada siswa untuk mengoptimalkan proses belajarnya. Interaksi seperti itu memungkinkan guru dan siswa untuk berbagi dan memodifikasi cara berfikir masing-masing. Selain itu terdapat juga kemungkinan bagi sebagian siswa untuk menampilkan argumentasi mereka sendiri serta bagi siswa lainnya memperoleh kesempatan untuk mencoba menangkap pola berfikir siswa lainnya. Episode seperti ini, diyakini akan dapat meningkatkan pengetahuan serta pemahaman tentang obyek yang dipelajari dari tahap sebelumnya ke tahapan yang lebih tinggi. Proses yang mampu menjembatani siswa pada tahapan belajar yang lebih tinggi seperti ini menurut Vygotsky (1978) disebut sebagai *zone of proximal development (ZPD)*.

Menurut Vygotsky, belajar dapat membangkitkan berbagai proses mental tersimpan yang hanya bisa dioperasikan manakala seseorang berinteraksi dengan orang dewasa atau berkolaborasi dengan sesama teman. Pengembangan kemampuan yang diperoleh melalui proses belajar sendiri (tanpa bantuan orang lain) pada saat melakukan pemecahan masalah disebut sebagai *actual development*, sedangkan perkembangan yang terjadi sebagai akibat adanya interaksi dengan guru atau siswa lain yang mempunyai kemampuan lebih tinggi disebut *potential development*. *Zone of proximal*

development selanjutnya diartikan sebagai jarak antara *actual development* dan *potential development*.

Vygotsky (dalam John dan Thornton, 1993) selanjutnya menjelaskan bahwa proses belajar terjadi pada dua tahap: tahap pertama terjadi pada saat berkolaborasi dengan orang lain, dan tahap berikutnya dilakukan secara individual yang di dalamnya terjadi proses internalisasi. Selama proses interaksi terjadi baik antara guru-siswa maupun antar siswa, kemampuan berikut ini perlu dikembangkan: saling menghargai, menguji kebenaran pernyataan pihak lain, bernegosiasi, dan saling mengadopsi pendapat yang berkembang.

Selain adanya tahapan perkembangan dalam memahami konsep-konsep matematika, terdapat juga tahapan perkembangan dalam kaitannya dengan intelektual atau kognitif anak seperti yang dikemukakan oleh Piaget, Bruner, dan Dienes. Sekalipun tahapan perkembangan yang dikemukakan oleh mereka masing-masing berbeda, akan tetapi kerangka dasar yang dikemukakan ketiganya pada prinsipnya adalah sama. Menurut Piaget perkembangan intelektual anak mencakup empat tahapan yaitu sensori motor, preoperasi, operasi kongkrit, dan operasi formal. Selain itu, Piaget (dalam Bell, 1978) juga menyatakan bahwa perkembangan intelektual anak merupakan suatu proses asimilasi dan akomodasi informasi ke dalam struktur mental. Asimilasi adalah suatu proses dimana informasi atau pengalaman yang diperoleh seseorang masuk ke dalam struktur mentalnya, sedangkan akomodasi adalah terjadinya restrukturisasi dalam otak sebagai akibat adanya informasi atau pengalaman baru. Piaget selanjutnya menjelaskan bahwa perkembangan mental seseorang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni kematangan, pengalaman fisik, pengalaman matematis-logis, transmisi sosial (interaksi sosial), dan keseimbangan.

Bruner mengemukakan bahwa perkembangan intelektual anak itu mencakup tiga tahapan yaitu enaktif, ikonik, dan simbolik. Pada tahap enaktif, anak biasanya sudah bisa melakukan manipulasi, konstruksi, serta penyusunan dengan memanfaatkan benda-benda kongkrit. Pada tahap ikonik, anak sudah mampu berfikir representatif yakni dengan menggunakan gambar atau turus. Pada tahap ini mereka sudah bisa berfikir verbal yang didasarkan pada representasi benda-benda kongkrit. Selanjutnya pada tahap simbolik, anak sudah memiliki kemampuan untuk berfikir atau melakukan manipulasi dengan menggunakan simbol-simbol.

Sementara itu Dienes berpandangan bahwa belajar matematika itu mencakup lima tahapan yaitu bermain bebas, generalisasi, representasi, simbolisasi, dan formalisasi. Pada tahap bermain bebas anak biasanya berinteraksi langsung dengan benda-benda kongkrit sebagai bagian dari aktivitas belajarnya. Pada tahap berikutnya, generalisasi, anak sudah memiliki kemampuan untuk mengobservasi pola, keteraturan, dan sifat yang dimiliki bersama. Pada tahap representasi, anak memiliki kemampuan untuk melakukan proses berfikir dengan menggunakan representasi obyek-obyek tertentu dalam bentuk gambar atau turus. Tahap simbolisasi, adalah suatu tahapan dimana anak sudah memiliki kemampuan untuk menggunakan simbol-simbol matematik dalam proses berfikirnya. Sedangkan tahap formalisasi, adalah suatu tahap dimana anak sudah memiliki kemampuan untuk memandang matematika sebagai suatu sistem yang terstruktur.

Berdasarkan pandangan yang dikemukakan oleh Piaget, Bruner, dan Dienes di atas, dapat diperoleh hal-hal berikut ini.

1. Anak dapat secara aktif terlibat dalam proses belajar dan kesempatan untuk mengemukakan ide-ide mereka merupakan hal yang sangat esensial dalam proses tersebut.
2. Terdapat sejumlah karakteristik dan tahapan berfikir yang teridentifikasi dan dapat dipastikan bahwa anak melalui tahapan-tahapan tersebut.
3. Belajar bergerak dari tahapan yang bersifat kongkrit ke tahapan lain yang lebih abstrak.
4. Kemampuan untuk menggunakan simbol serta representasi formal secara alamiah berkembang mulai dari tahapan yang lebih kongkrit.

Pengajaran yang efektif antara lain ditandai dengan keberhasilan anak dalam belajar. Dengan demikian untuk berhasilnya pengajaran matematika, pertimbangan-pertimbangan tentang bagaimana anak belajar merupakan langkah awal yang harus diperhatikan. Dalam upaya untuk melakukan hal tersebut, diperlukan beberapa prinsip dasar seperti yang akan dibahas di bawah ini. Prinsip-prinsip tersebut merupakan implikasi dari teori belajar yang telah dikemukakan sebelumnya.

Siswa Terlibat Secara Aktif

Prinsip ini berlandaskan pada pandangan bahwa keterlibatan anak secara aktif dalam suatu aktivitas belajar memungkinkan mereka memperoleh pengalaman yang mendalam tentang bahan yang dipelajari, dan pada akhirnya akan mampu meningkatkan pemahaman anak tentang bahan tersebut. Sebagaimana pepatah cina yang menyatakan bahwa "Saya mendengar dan saya lupa; saya melihat dan saya ingat; serta saya mencoba dan saya mengerti", mengisyaratkan bahwa keterlibatan secara aktif merupakan hal yang sangat penting dalam membangun pemahaman tentang sesuatu yang dipelajari. Keterlibatan siswa secara aktif bentuknya bisa secara fisik, dan yang lebih penting lagi secara mental. Bentuk-bentuk aktivitasnya antara lain bisa berupa interaksi siswa-siswa atau siswa-guru, memanipulasi benda-benda kongkrit seperti alat peraga, dan menggunakan bahan ajar tertentu seperti buku dan alat-alat teknologi.

Memperhatikan Pengetahuan Awal Siswa

Karena sifat matematika yang merupakan suatu struktur yang terorganisasi dengan baik, maka pengetahuan prasyarat siswa merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam proses pembelajaran matematika. Pendekatan spiral yang dikembangkan dalam pengajaran matematika, merupakan langkah tepat untuk memberi kesempatan kepada anak mengembangkan pengetahuannya secara bertahap baik horizontal maupun vertikal. Dengan memperhatikan pengetahuan awal siswa, guru diharapkan mampu menyusun strategi pembelajaran lebih tepat yang meliputi penyiapan bahan ajar, penyusunan langkah-langkah pembelajaran, serta penyiapan alat evaluasi yang sesuai.

Mengembangkan Kemampuan Komunikasi Siswa

Salah satu syarat untuk berkembangnya kemampuan interaksi antara satu individu dengan individu lainnya adalah berkembangnya kemampuan komunikasi. Beberapa hal yang bisa dilakukan untuk mengembangkan kemampuan tersebut antara lain adalah memberikan kesempatan kepada siswa untuk menjelaskan dan berargumentasi secara lisan atau tertulis, mengajukan atau menjawab pertanyaan, dan berdiskusi baik dalam kelompok kecil maupun kelas.

Mengembangkan Kemampuan Metakognisi Siswa

Metakognisi adalah suatu istilah yang berkaitan dengan apa yang diketahui seseorang tentang individu yang belajar dan bagaimana dia mengontrol serta menyesuaikan prilakunya. Selain itu, metakognisi juga merupakan bentuk kemampuan untuk melihat pada diri sendiri sehingga apa yang dia lakukan dapat terkontrol secara optimal. Dengan kemampuan seperti ini maka siswa dimungkinkan mengembangkan kemampuannya secara optimal dalam belajar matematika, karena dalam setiap langkah yang dia kerjakan senantiasa muncul pertanyaan seperti: “Apa yang saya kerjakan?”, “Mengapa saya mengerjakan ini?”, “Hal apa yang bisa membantu saya menyelesaikan masalah ini?”

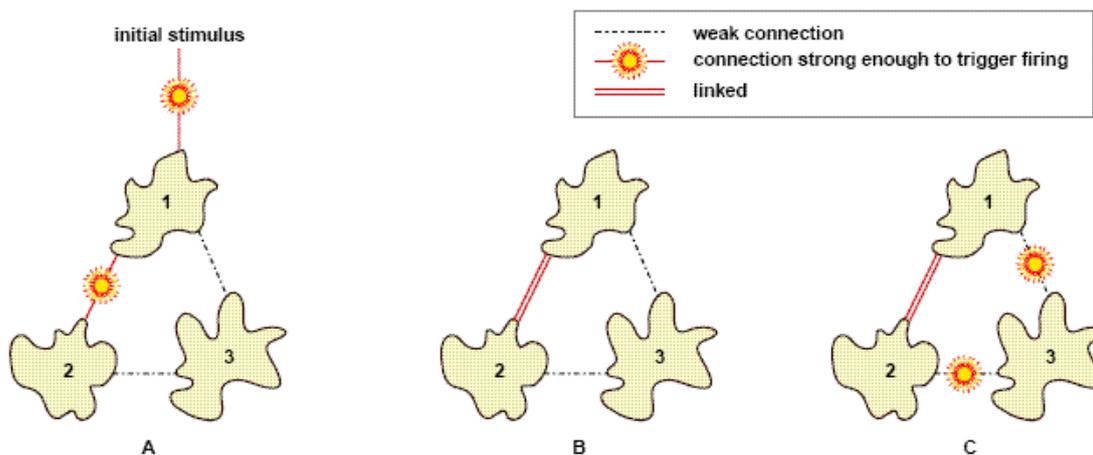
Mengembangkan Lingkungan Belajar yang Sesuai

Lingkungan belajar hendaknya diciptakan sesuai dengan kebutuhan siswa dalam belajar. Terciptanya lingkungan belajar yang baik dapat membantu siswa dalam mencapai perkembangan potensialnya seperti yang dikemukakan oleh Vygotsky.

Selain beberapa prinsip di atas, berdasarkan teori Vygotsky, diperoleh tiga hal utama yang berkaitan dengan pembelajaran yakni: (1) pembelajaran efektif mengarah pada perkembangan, (2) pembelajaran efektif akan berhasil dikembangkan melalui setting pemecahan masalah, dan (3) pembelajaran efektif berfokus pada upaya membantu siswa untuk mencapai *potential development* mereka. Untuk mencapai pembelajaran efektif tersebut maka beberapa saran berikut nampaknya penting untuk diperhatikan: (1) tingkatkan sensitivitas bahwa siswa terlibat secara aktif dalam setting belajar yang dikembangkan, (2) ciptakan problem solving interaktif yang mengarah pada proses belajar, (3) sajikan soal-soal yang bersifat menantang, (4) gunakan *on-going assessment* untuk memonitor pembelajaran, (5) ciptakan kesempatan bagi siswa untuk menampilkan kemampuan berfikir tingkat tingginya, (6) beri dorongan serta kesempatan pada siswa untuk menampilkan berbagai solusi serta strategi berbeda pada penyelesaian suatu masalah, (7) tingkatkan komunikasi, yakni dengan mendorong siswa untuk memberikan penjelasan serta jastifikasi pemikiran mereka, (8) gunakan berbagai variasi strategi mengajar dan belajar, dan (9) upayakan untuk menelusuri hal-hal yang belum diketahui siswa sehingga guru mampu membantu proses peningkatan potensial mereka.

Dalam kajiannya tentang implikasi pandangan konstruktivisme untuk pencapaian hasil belajar dalam matematika, Burton (1992) mengajukan suatu model pengimplementasian kurikulum yang memuat tiga dimensi yakni dimensi silabi, pedagogi, dan evaluasi. Dalam model ini, silabi dimaknai sebagai sesuatu yang diharapkan tercapai oleh kurikulum, pedagogi adalah cara yang digunakan dalam proses pembelajaran, sedangkan evaluasi adalah rangkaian strategi yang digunakan guru, siswa, atau pihak lain untuk mengetahui sejauh mana hasil belajar yang sudah dicapai. Akar epistemologis dari interpretasi konstruktivis terhadap pembelajaran matematika, juga merupakan hal yang sangat penting dalam pengembangan model pembelajaran matematika. Dalam hal ini, Barbin (1992) mengemukakan bahwa terdapat dua kemungkinan konsepsi yang bisa muncul yakni pengetahuan matematika dipandang sebagai produk dan proses. Dalam konsepsi pertama, matematika dipandang sebagai suatu sistem yang sudah baku dan siap pakai, sedangkan konsepsi kedua lebih menitik beratkan pada matematika sebagai suatu aktivitas (*mathematical activity*). Pembelajaran matematika dalam interpretasi konstruktivis lebih cocok dengan konsepsi yang kedua.

Proses terbentuknya pengetahuan baru (khususnya dalam matematika) diyakini sebagai hasil dari suatu rangkaian proses yang diperkenalkan Dubinsky sebagai Action-Process-Object-Schema (APOS). *Object* yang telah tersimpan dalam memori seseorang sebagai pengetahuan akan diproses manakala terjadi *action* yang diakibatkan adanya stimulus tertentu. Proses ini dijelaskan oleh Tall (1999) melalui diagram seperti di bawah ini.



APOS Theory adalah sebuah teori konstruktivis tentang bagaimana seseorang belajar suatu konsep matematika. Teori tersebut pada dasarnya berlandaskan pada hipotesis tentang hakekat pengetahuan matematik (*mathematical knowledge*) dan bagaimana pengetahuan tersebut berkembang. Pandangan teoritik tersebut dikemukakan oleh Dubinsky (2001, h.11) yang menyatakan,

An individual's mathematical knowledge is her or his tendency to respond to perceived mathematical problem situations by reflecting on problems and their solutions in a social context and by constructing mathematical actions, processes, and objects and organizing these in schemas to use in dealing with the situations.

Istilah-istilah aksi (*action*), proses (*process*), obyek (*object*), dan skema (*Schema*) pada hakekatnya merupakan suatu konstruksi mental seseorang dalam upaya memahami sebuah ide matematik. Menurut teori tersebut, manakala seseorang berusaha memahami suatu ide matematik maka prosesnya akan dimulai dari suatu aksi mental terhadap ide matematik tersebut, dan pada akhirnya akan sampai pada konstruksi suatu skema tentang konsep matematik tertentu yang tercakup dalam masalah yang diberikan.

Aksi adalah suatu transformasi obyek-obyek mental untuk memperoleh obyek mental lainnya. Hal tersebut dialami oleh seseorang pada saat menghadapi suatu permasalahan serta berusaha menghubungkannya dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Seseorang dikatakan mengalami suatu aksi, apabila orang tersebut memfokuskan proses mentalnya pada upaya untuk memahami suatu konsep yang diberikan. Seseorang yang memiliki pemahaman lebih mendalam tentang suatu konsep, mungkin akan melakukan aksi yang lebih baik atau bisa juga terjadi bahwa fokus perhatiannya keluar dari konsep yang diberikan sehingga aksi yang diharapkan tidak terjadi.

Ketika suatu aksi diulangi, dan kemudian terjadi refleksi atas aksi yang dilakukan, maka selanjutnya akan masuk ke dalam fase **proses**. Berbeda dengan aksi, yang mungkin terjadi melalui bantuan manipulasi benda atau sesuatu yang bersifat kongkrit, *proses* terjadi secara internal di bawah kontrol individu yang melakukannya. Seseorang dikatakan mengalami suatu proses tentang sebuah konsep yang tercakup dalam masalah yang dihadapi, apabila berpikirnya terbatas pada ide matematik yang

dihadapi serta ditandai dengan munculnya kemampuan untuk membicarakan (*to describe*) atau melakukan refleksi atas ide matematik tersebut. Proses-proses baru dapat dikonstruksi dari proses lainnya melalui suatu koordinasi serta pengaitan antar proses.

Jika seseorang melakukan refleksi atas operasi yang digunakan dalam proses tertentu, menjadi sadar tentang proses tersebut sebagai suatu totalitas, menyadari bahwa transformasi-transformasi tertentu dapat berlaku pada proses tersebut, serta mampu untuk melakukan transformasi yang dimaksud, maka dapat dinyatakan bahwa individu tersebut telah melakukan konstruksi proses menjadi sebuah **obyek** kognitif. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa proses-proses yang dilakukan telah terangkum (*encapsulated*) menjadi sebuah obyek kognitif. Seseorang dapat dikatakan telah memiliki sebuah **konsepsi obyek** dari suatu konsep matematik manakala dia telah mampu memperlakukan ide atau konsep tersebut sebagai sebuah obyek kognitif yang mencakup kemampuan untuk melakukan aksi atas obyek tersebut serta memberikan alasan atau penjelasan tentang sifat-sifatnya. Selain itu, individu tersebut juga telah mampu melakukan penguraian kembali (*de-encapsulate*) suatu obyek menjadi proses sebagaimana asalnya pada saat sifat-sifat dari obyek yang dimaksud akan digunakan.

Sebuah **skema** dari suatu materi matematik tertentu adalah suatu koleksi aksi, proses, obyek, dan skema lainnya yang saling terhubung sehingga membentuk suatu kerangka kerja saling terkait di dalam pikiran atau otak seseorang.

Untuk mendapatkan gambaran lebih jelas tentang penjelasan teori APOS di atas, berikut kita pandang sebuah konsep fungsi sebagai contoh. Seseorang yang belum mampu menginterpretasikan suatu situasi sebagai sebuah fungsi kecuali memiliki sebuah formula tunggal serta mampu menentukan nilai fungsi tersebut, dapat dinyatakan telah memiliki kemampuan untuk melakukan aksi atas fungsi tersebut. Dengan kata lain, individu tersebut telah memiliki suatu konsepsi aksi dari sebuah fungsi. Seseorang yang telah memiliki konsepsi proses tentang sebuah fungsi, berarti telah mampu berpikir tentang masukan yang bisa diterima, memanipulasi masukan tersebut dengan cara-cara tertentu, serta mampu menghasilkan keluaran yang sesuai. Selain itu, pemilikan konsepsi proses juga bisa meliputi kemampuan untuk menentukan balikan atau komposisi fungsi-fungsi yang diberikan. Indikator bahwa seseorang telah memiliki konsepsi obyek suatu fungsi adalah telah mampu membentuk sekumpulan fungsi serta mampu melakukan operasi-operasi pada fungsi-fungsi tersebut. Sementara

indikator bahwa seseorang telah memiliki suatu skema tentang konsep fungsi, adalah mencakup kemampuan untuk mengkonstruksi contoh-contoh fungsi sesuai dengan persyaratan yang diberikan.

Kalau proses pembentukan schema disepakati seperti uraian di atas, maka langkah selanjutnya adalah bagaimana proses pembelajaran berpikir matematik harus dilakukan sehingga diperoleh hasil yang lebih optimal. Salah satu landasan yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut antara lain adalah teori *Zone of Proximal Development (ZPD)* dari Vygotsky seperti yang sudah dikemukakan sebelumnya.

C. Pengembangan Kemampuan Berpikir Matematik

Kontribusi pendidikan matematika sedikitnya dapat ditinjau dari tiga hal yaitu dari kebutuhan perkembangan anak, masyarakat, dan dunia kerja. Agar materi matematika yang diberikan dapat menunjang kebutuhan perkembangan anak, maka dalam pengembangan kurikulumnya (yang mencakup desain, implementasi, dan evaluasi) antara lain perlu memperhatikan perkembangan kognitif anak dan kemampuan berpikirnya, serta tuntutan kemampuan dasar matematik (*conceptual understanding, procedural fluency, productive disposition, strategic competence, dan adaptive reasoning*) yang diperlukan untuk melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi. Selain itu kemampuan berpikir matematik yang relevan untuk menunjang kehidupan di masyarakat dan dunia kerja serta memungkinkan dikembangkan melalui kegiatan bermatematika (*doing mathematics*) perlu juga menjadi perhatian yang serius.

Untuk melihat sejauh mana ketiga dimensi kebutuhan di atas dapat dicapai melalui matematika, berikut ini adalah makna matematika serta kemampuan yang bisa dikembangkan melalui matematika berdasarkan pandangan yang dikemukakan Riedesel, Schwartz, dan Clements (1996).

1. *Matematika bukan sekedar aritmetika.* Jika berbicara tentang matematika, masyarakat seringkali memandangnya secara sempit yakni hanya sebagai aritmetika. Dengan demikian, kurikulum matematika, terutama untuk sekolah dasar, hanya dipandang sebagai kumpulan keterampilan berhitung seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian bilangan. Akibatnya, penguasaan dengan baik keterampilan tersebut dipandang sebagai hal yang memadai bagi anak dalam belajar matematika khususnya untuk tingkat sekolah dasar. Padahal, jika kita

perhatikan lebih jauh lagi, matematika memuat keterampilan lebih luas dari sekedar berhitung. Matematika pada hakekatnya merupakan suatu cara berpikir serta memuat ide-ide yang saling berkaitan.

2. *Matematika merupakan problem posing dan problem solving.* Dalam kegiatan bermatematika, pada dasarnya anak akan berhadapan dengan dua hal yakni masalah-masalah apa yang mungkin muncul atau diajukan dari sejumlah fakta yang dihadapi (*problem posing*) serta bagaimana menyelesaikan masalah tersebut (*problem solving*). Dalam kegiatan yang bersifat *problem posing*, anak memperoleh kesempatan untuk mengembangkan kemampuannya mengidentifikasi fakta-fakta yang diberikan serta permasalahan yang bisa muncul dari fakta-fakta tersebut. Sedangkan melalui kegiatan *problem solving*, anak dapat mengembangkan kemampuannya untuk menyelesaikan permasalahan tidak rutin yang memuat berbagai tuntutan kemampuan berpikir termasuk yang tingkatannya lebih tinggi.
3. *Matematika merupakan studi tentang pola dan hubungan.* Dalam aktivitas ini tercakup kegiatan memahami, membicarakan, membedakan, mengelompokan, serta menjelaskan pola baik berupa bilangan atau fakta-fakta lain.
4. *Matematika merupakan bahasa.* Sebagai bahasa, matematika menggunakan istilah serta simbol-simbol yang didefinisikan secara tepat dan berhati-hati. Dengan demikian matematika dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan anak dalam berkomunikasi secara matematik baik dalam ilmu pengetahuan, kehidupan sehari-hari, maupun dalam matematika sendiri.
5. *Matematika merupakan cara dan alat berpikir.* Karena cara berpikir yang dikembangkan dalam matematika menggunakan kaidah-kaidah penalaran yang konsisten dan akurat, maka matematika dapat digunakan sebagai alat berpikir yang sangat efektif untuk memandang berbagai permasalahan termasuk di luar matematika sendiri. Banyak permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dilihat melalui cara pandang secara matematik serta dapat diselesaikan dengan menggunakan prinsip-prinsip dalam matematika.
6. *Matematika merupakan ilmu pengetahuan yang berkembang secara dinamik.* Perkembangan yang sangat pesat serta kontribusinya yang luas dalam berbagai aspek kehidupan manusia, telah menyebabkan bergesernya pandangan dari matematika sebagai ilmu yang statik ke matematika sebagai ilmu yang bersifat

dinamik generatif. Perubahan pandangan ini telah berimplikasi pada berubahnya aspek pedagogis dalam pembelajaran yang lebih menekankan pada matematika sebagai pemecahan masalah dan pengembangan kemampuan berpikir matematik.

7. *Matematika adalah aktivitas (doing mathematics)*. Aktivitas bermatematika tidak hanya berfokus pada solusi akhir yang dicari, melainkan pada prosesnya yang antara lain mencakup pencarian pola dan hubungan, pengujian konjektur, serta estimasi hasil. Dalam aktivitas tersebut, anak dituntut untuk menggunakan dan mengadaptasi pengetahuan yang sudah dimiliki mengarah pada pengembangan pemahaman baru. Selain melalui aktivitas yang dikembangkan dalam matematika sendiri, proses pengembangan pengetahuan baru tersebut dapat juga diawali dengan aktivitas di luar dunia matematika melalui penyelesaian masalah yang bersifat kontekstual. Aktivitas seperti ini diperkirakan akan bisa meningkatkan kemampuan penalaran adaptif siswa khususnya dalam mengatasi permasalahan-permasalahan di luar matematika yang memungkinkan diselesaikan secara matematik.

Dari sejumlah pandangan di atas, nampak jelas bahwa berbagai kemampuan yang bisa dikembangkan melalui matematika, baik langsung maupun tidak, dapat berkontribusi pada ketiga dimensi kebutuhan anak yaitu untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang lebih tinggi, digunakan dalam kehidupan sehari-hari di lingkungan masyarakat, atau untuk menunjang kebutuhan yang berkaitan dengan pekerjaan. Substansi dari pengembangan tersebut pada dasarnya berfokus pada peningkatan kemampuan berpikir matematik yang dapat diterapkan dalam menghadapi berbagai permasalahan baik dalam kaitannya dengan bidang akademik di lingkungan sekolah maupun dalam kehidupan sehari-hari atau dunia kerja.

Dalam kaitannya dengan upaya peningkatan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi, Henningsen dan Stein (1997) mengemukakan beberapa aktivitas bermatematika (*doing mathematics*) yang mendukung yaitu: mencari dan mengeksplorasi pola untuk memahami struktur matematik serta hubungan yang melandasinya; menggunakan bahan yang tersedia secara tepat dan efektif pada saat memformulasikan dan menyelesaikan masalah; menjadikan ide-ide matematik secara bermakna; berfikir serta beralasan dengan cara yang fleksibel; mengembangkan konjektur, generalisasi, jastifikasi, serta mengkomunikasikan ide-ide matematik.

Mengembangkan serta mengimplementasikan bahan ajar yang memuat tugas-

tugas matematik yang sesuai sehingga memungkinkan anak menggunakan kemampuan berpikir tingkat tingginya secara aktif dipandang sangat sulit baik bagi guru maupun peneliti pendidikan matematika secara umum. Hal ini sesuai dengan pendapat Doyle (dalam Henningsen dan Stein, 1997) yang menyatakan bahwa “*Such engagement can evoke in students a desire for a reduction in task complexity that, in turn, can lead them to pressure teachers to further specify the procedures for completing the task or to relax accountability requirements*” (h.526). Namun demikian, Fraivillig, & Fuson (1999) berkeyakinan bahwa melalui pengungkapan metoda penyelesaian yang dibuat siswa, mendorong pemahaman konseptual mereka, serta dengan mengembangkan kemampuan berpikir matematik mereka, kemampuan berpikir matematik anak dapat ditingkatkan secara efektif. Dengan demikian, penggunaan tugas matematik atau bahan ajar tertentu bersamaan dengan penerapan kerangka kerja dari Fraivillig dan Fuson sangat mungkin untuk dikembangkan serta diimplementasikan.

Dalam pengembangan model pembelajaran yang kondusif untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi, setting kelas (*classroom setting*) memegang peranan yang sangat penting. Menurut Good, dkk. (1992), jika guru bermaksud mendorong siswa agar berhasil dengan baik dalam pemecahan suatu masalah, maka langkah pertama yang harus diusahakan adalah mendorong mereka menjadi pebelajar yang adaptif. Sementara karakteristik pebelajar seperti ini antara lain dapat dicapai secara efektif melalui kegiatan pemecahan masalah (*problem-solving*). Berdasarkan sebuah riviui hasil penelitian yang berfokus pada penggunaan *small-group cooperative learning* dalam pembelajaran matematika, Good, dkk. (1992) menyimpulkan bahwa kegiatan pemecahan masalah dapat digunakan untuk proses belajar adaptif melalui kerjasama kelompok. Untuk itu mereka mengemukakan argumentasi bahwa: (1) pertukaran (*exchange*) dalam kerja kelompok dapat menstimulasi siswa untuk aktif dalam berpikir tingkat tinggi, (2) keberagaman dalam kerja kelompok dapat mendorong terjadinya akomodasi berbagai opini anggota kelompok dan karenanya siswa akan berusaha berpikir secara aktif dalam proses penyelesaian masalah yang dihadapi, (3) kerja kelompok mampu memberikan kesempatan pada siswa untuk menyampaikan pendapatnya secara lisan serta mencoba mengintegrasikan pendapat yang berkembang dalam diskusi, dan (4) dimungkinkan terjadinya saling bantu di antara anggota kelompok untuk mencapai suatu tahap

pemahaman (h.176).

Hasil pengkajian yang dilakukan oleh Brophy dan Good (1986) tentang penelitian yang berkaitan dengan efektivitas pembelajaran matematika antara lain menyimpulkan bahwa model pembelajaran langsung (*direct instruction*) merupakan cara yang paling efektif untuk mengembangkan keterampilan prosedural seperti keterampilan melakukan operasi perkalian dan pembagian. Dalam hasil pengkajian tersebut dijelaskan bahwa dalam pembelajaran cara langsung, guru menyiapkan serta menyajikan materi kepada siswa, membantu mereka untuk mengaitkannya dengan pengetahuan yang sudah dimiliki, melakukan monitoring terhadap hasil belajar secara sistematis, dan menyediakan koreksi balikan selama melakukan aktivitas belajar. Dalam model pembelajaran seperti ini, guru berperan sebagai figur sentral di kelas dalam melakukan monitor seluruh aktivitas serta mengendalikan perilaku dan kegiatan akademik siswa sehingga keterlibatan mereka dalam proses belajar dapat berjalan secara optimal.

Walaupun pembelajaran cara langsung terbukti sangat efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat rendah yakni yang bersifat prosedural, akan tetapi jika diterapkan pada pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi belum ada bukti yang meyakinkan tentang efektivitas pendekatan tersebut. Sejumlah hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang bersifat tidak langsung serta memberikan otonomi lebih luas kepada siswa dalam belajar diyakini dapat meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi. Sebagai contoh, penelitian Peterson (1988) antara lain menemukan bahwa model pembelajaran cara langsung telah berhasil meningkatkan prestasi belajar siswa dalam kaitannya dengan kemampuan berpikir matematik tingkat rendah. Sedangkan untuk soal-soal yang berkaitan dengan kemampuan tingkat tinggi seperti pemecahan masalah, siswa pada umumnya menunjukkan hasil belajar yang kurang baik. Hasil serupa ditunjukkan dalam studi Peterson dan Fennema (1985) yang berhasil menemukan bahwa tipe aktivitas tertentu yang dikembangkan melalui pembelajaran langsung (*direct instruction*) lebih cocok untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat rendah, sementara tipe aktivitas belajar lainnya yang dikembangkan melalui pembelajaran tidak langsung lebih berhasil meningkatkan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi siswa.

Berdasarkan riviui terhadap hasil-hasil penelitian tentang psikologi kognitif, Doyle (dalam Peterson, 1988) menyarankan bahwa untuk tujuan peningkatan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi, penggunaan pendekatan pembelajaran tidak langsung yang didasarkan pada makna dan pemahaman lebih dianjurkan untuk digunakan. Rasional yang dikemukakan untuk mengajukan saran tersebut antara lain bahwa penemuan sendiri (*self-discovery*) merupakan hal sangat penting bagi siswa untuk memperoleh makna dan pemahaman tentang tugas-tugas akademiknya dalam belajar matematika. Aktivitas akademik hendaknya disusun berlandaskan pada apa yang sudah diketahui serta bagaimana siswa memproses informasi yang sudah diketahuinya dalam matematika. Namun demikian, dalam hal aktivitas belajar sebaiknya tidak dirancang terlalu terstruktur, dengan harapan agar siswa memperoleh kesempatan untuk mengalami pengolahan materi secara langsung dan aktif sehingga mereka mampu menurunkan generalisasi serta menemukan algoritmanya sendiri.

Hasil-hasil penelitian dalam bidang psikologi kognitif antara lain didasarkan pada asumsi bahwa pengetahuan dan pemahaman dikonstruksi oleh anak, dan dengan demikian muncul suatu pandangan bahwa dalam belajar konsep dan keterampilan matematika, anak dapat secara aktif melakukan konstruksi pengetahuan dan pemahamannya. Dalam studi Carpenter, Hiebert, dan Moser (dalam Peterson, 1988) tentang soal cerita yang memuat penjumlahan dan pengurangan di sekolah dasar, misalnya, antara lain ditemukan bahwa anak telah berhasil melakukan analisis serta menyelesaikan masalah yang diberikan dengan menggunakan model informal dan strategi perhitungan menurut cara mereka sendiri. Pengetahuan informal ini ternyata dapat menjadi jembatan bagi anak untuk menggunakannya sebagai landasan dalam mengembangkan pemahaman konsep dan keterampilan serta pemahaman matematika secara lebih bermakna. Studi yang dilakukan Suryadi (2001) di sekolah dasar kelas dua juga menunjukkan hasil serupa. Dalam studi tersebut antara lain ditemukan bahwa anak yang sudah memiliki pengetahuan dan keterampilan penjumlahan dan pengurangan dengan menggunakan model informal ternyata mampu menggunakannya secara efektif untuk menyelesaikan soal cerita yang memuat pembagian, padahal mereka belum mempelajari konsep tersebut. Yang menarik dari hasil penelitian ini, bahwa strategi yang digunakan siswa untuk memperoleh hasil pembagian ternyata sangat bervariasi

antara lain mencakup penerapan strategi penjumlahan, strategi pengurangan, dan strategi gambar atau model informal.

Salah satu implikasi dari hasil-hasil penelitian tentang ilmu kognitif dalam pembelajaran matematika adalah bahwa proses pembelajaran seharusnya lebih menekankan pada makna dan pemahaman sejak usia sekolah dasar. Dalam hal ini Peterson (1988) menyarankan bahwa untuk memberikan penekanan pada makna dan pemahaman tersebut serta untuk mengembangkan kemampuan berpikir dengan tingkat yang lebih tinggi, maka pemecahan masalah dalam matematika tidak hanya merupakan bagian terintegrasi dalam pembelajaran, melainkan harus menjadi dasar atau inti dari kegiatan pembelajaran. Namun demikian, kenyatannya di lapangan menunjukkan bahwa keterampilan berhitung harus diajarkan lebih dahulu sebelum pemecahan masalah atau soal cerita diberikan.

Hasil-hasil penelitian yang dilakukan secara kualitatif oleh Anderson (dalam Peterson, 1988) serta Blumenfeld, Pintrich, Meece, dan Wessels (dalam Peterson, 1988) antara lain menemukan bahwa anak sangat sulit memperoleh pengertian dan makna konsep yang dipelajari dari model pembelajaran yang bersifat langsung (direct instruction). Dari hasil-hasil wawancara yang dilakukan Anderson dengan sejumlah anak yang mengerjakan tugas matematika di kelas, juga diperoleh kesimpulan bahwa mereka tidak berusaha untuk memfokuskan pekerjaannya pada makna dari materi yang terkandung dalam tugas yang diberikan guru melainkan hanya sekedar ingin menyelesaikan tugas tersebut secepat mungkin.

Fraivillig, Murphy, dan Fuson (1999) melalui studinya tentang peningkatan kemampuan berpikir matematik telah berhasil mengembangkan kerangka kerja pedagogis yang relevan untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematik siswa. Hal terpenting yang menjadi tujuan utama studi ini adalah mencoba memahami bagaimana seorang guru dapat secara efektif meningkatkan kemampuan berpikir matematik anak dalam kelas berbasis-inkuiri tanpa mengurangi kebebasan intelektual anak secara otonom. Strategi pembelajaran yang digunakan seorang guru berpengalaman dalam mendukung fleksibilitas penalaran anak pada saat melakukan penyelesaian masalah serta mencoba mendorong partisipasi mereka dalam diskusi matematik yang konstruktif telah berhasil diidentifikasi serta diartikulasikan. Secara teoritik, aktivitas kelas yang

dilaporkan dalam penelitian ini berbasis pada pandangan konstruktivis yang dipadukan dengan konsep *zones of proximal development* dari Vygotsky.

Identifikasi kerangka kerja pedagogis yang dilakukan dalam studi ini telah berhasil mengungkapkan tiga komponen penting dari upaya guru dalam mengembangkan kemampuan berpikir siswa yaitu: (1) strategi guru dalam mengungkap metoda penyelesaian yang digunakan siswa (*mengungkap*), (2) strategi guru dalam upaya mendorong peningkatan pemahaman konsep atau masalah yang dihadapi (*mendorong*), dan (3) mengembangkan daya berpikir matematik siswa (*mengembangkan*).

Strategi mengungkap adalah upaya guru untuk memfasilitasi kemungkinan terungkapnya kemampuan siswa melalui berbagai pertanyaan yang diajukan pada kelas atau kelompok selama proses penyelesaian soal berlangsung. Dengan cara seperti ini terlihat bahwa ide-ide anak untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi dapat terdorong untuk muncul karena termotivasi oleh pertanyaan-pertanyaan yang diajukan guru. Jika diamati secara seksama, jenis pertanyaan yang memungkinkan hal tersebut terjadi adalah pertanyaan yang menantang siswa untuk berpikir secara lebih terarah pada permasalahan yang dihadapi. Melalui pertanyaan-pertanyaan yang diajukan guru, biasanya terdapat petunjuk yang dapat menjadi stimulus sehingga memungkinkan siswa mampu mengungkap pengetahuannya yang masih tersembunyi jauh dalam memori mereka. Berdasarkan hasil identifikasi terhadap strategi mengungkap yang digunakan guru, didapat dua cara utama yakni cara guru memfasilitasi respon siswa, dan cara guru menghidupkan diskusi dalam kelompok. Penjabaran dari komponen pertama antara lain mencakup pengungkapan berbagai cara penyelesaian yang digunakan siswa, berusaha menunggu dan mendengarkan apa yang sedang dijelaskan atau diupayakan siswa, mendorong siswa untuk mengelaborasi jawaban yang diberikan, menerima jawaban siswa dengan terbuka sekalipun masih ada kesalahan, dan mengupayakan terjadinya kolaborasi antar siswa dalam kelompok masing-masing. Penjabaran komponen kedua antara lain mencakup: berusaha untuk menggunakan jawaban siswa sebagai bahan diskusi, dan berusaha memonitor kesungguhan siswa untuk tetap melakukan pencarian cara penyelesaian masalah yang dihadapi.

Strategi mendorong adalah upaya guru yang dimaksudkan untuk mendorong siswa pada saat mereka mencoba menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

Berdasarkan hasil identifikasi terdapat empat kategori yang berkenaan dengan cara guru mendorong siswanya yaitu mendorong proses berpikir siswa pada saat memberikan penjelasan, mendorong proses berpikir siswa pada saat mendengarkan penjelasan guru atau siswa lainnya, mendorong peningkatan pemahaman konsep yang berkenaan dengan permasalahan yang dihadapi, serta mendorong proses berpikir siswa melalui ajakan pada mereka untuk bertanya. Kategori pertama mencakup beberapa kegiatan berikut : mengingatkan siswa pada konsep atau situasi yang sejenis atau mirip, mengingatkan kembali pada pengetahuan pendukung yang diperlukan, dan membantu siswa dalam upaya mengklarifikasi penyelesaian yang mereka buat. Untuk kategori kedua antara lain mencakup hal berikut: mencoba mengulang kembali apa yang dibicarakan, dan mendemonstrasikan cara memilih metoda penyelesaian tanpa berusaha untuk mendorong siswa agar meniru metoda yang dicontohkan. Kategori ketiga antara lain mencakup hal berikut : menuliskan representasi permasalahan yang dihadapi siswa pada papan tulis atau kertas kerja siswa, dan mencoba bertanya tentang hal yang dijelaskan seorang anak kepada anak lainnya. Penjabaran kategori keempat antara lain adalah mendorong siswa untuk bertanya manakala mereka menghadapi kesulitan.

Strategi mengembangkan adalah suatu upaya guru untuk memfasilitasi siswa agar kemampuan berpikir matematik mereka bisa meningkat. Berdasarkan hasil observasi, didapat empat hal penting yang sempat terungkap yaitu: mendorong siswa untuk melakukan atau mengerjakan sesuatu secara lebih baik walaupun masalah yang dihadapi lebih sulit, mendorong siswa untuk melakukan refleksi terhadap hasil-hasil yang sudah diperoleh sebelumnya, mendorong siswa untuk mencari alternatif penyelesaian yang lebih baik, dan mendorong siswa untuk terbiasa menghadapi masalah-masalah yang sulit.

D. Pendekatan Pembelajaran yang Banyak Diadaptasi di Indonesia

Dalam beberapa tahun terakhir ini paling sedikit terdapat tiga isyu penting mengenai pengajaran matematika yaitu pendekatan *Realistic Mathematics Education* (RME) dari Belanda, pendekatan *Open-Ended* dari Jepang, dan pendekatan kontekstual dari Amerika Serikat. Di bawah ini adalah uraian singkat mengenai masing-masing pendekatan tersebut.

Pendekatan Realistik

Realistic Mathematics Education (RME) pertama kali berkembang di Belanda sejak awal tahun 70-an. Adapun orang yang pertama mengembangkannya adalah Freudenthal dan kawan-kawan dari Freudenthal Institute. Dalam pandangan Freudenthal, agar matematika memiliki nilai kemanusiaan (*human value*) maka pembelajarannya haruslah dikaitkan dengan realita, dekat dengan pengalaman anak serta relevan untuk kehidupan masyarakat. Selain itu Freudenthal juga berpandangan bahwa matematika sebaiknya tidak dipandang sebagai suatu bahan ajar yang harus ditransfer secara langsung sebagai matematika siap pakai, melainkan harus dipandang sebagai suatu aktivitas manusia. Pembelajaran matematika sebaiknya dilakukan dengan memberi kesempatan seluas-luasnya kepada anak untuk mencoba menemukan sendiri melalui bantuan tertentu dari guru. Dalam istilah Freudenthal kegiatan seperti ini disebut *guided reinvention*, yakni suatu kegiatan yang mendorong anak untuk menemukan prinsip, konsep, atau rumus-rumus matematika melalui kegiatan pembelajaran yang secara spesifik dirancang oleh guru. Dengan demikian, prinsip utama pembelajaran matematika tidaklah terletak pada matematika sebagai suatu sistem tertutup yang kaku, melainkan pada aktivitasnya yang lebih dikenal sebagai suatu proses matematisasi (*process of mathematization*) (Van den Heuvel-Panhuizen, 2000).

Pada perkembangan selanjutnya, Treffers (dalam van den Heuvel-Panhuizen, 2000) mencoba memformulasikan proses matematisasi, dalam konteks pendidikan matematika, menjadi dua tipe yakni matematisasi horizontal dan vertikal. Dalam tahap horizontal, pada akhirnya anak akan sampai pada *mathematical tools* seperti konsep, prinsip, algoritma, atau rumus yang dapat digunakan untuk membantu mengorganisasi serta memecahkan permasalahan yang didesain terkait dengan konteks kehidupan sehari-hari. Matematisasi vertikal adalah suatu proses reorganisasi yang terjadi dalam sistem matematika sendiri, misalnya, menemukan suatu keterkaitan antara beberapa konsep dan strategi serta mencoba menerapkannya dalam menyelesaikan masalah yang diberikan. Dengan demikian, matematisasi horizontal memuat suatu proses yang diawali dari dunia nyata menuju dunia simbol, sedangkan matematisasi vertikal mengandung makna suatu proses perpindahan dalam dunia simbol itu sendiri. Menurut Freudenthal, kedua proses matematisasi ini tidak bisa dipandang secara sendiri-sendiri, melainkan

merupakan suatu kesatuan yang memiliki nilai sama pentingnya dalam proses pembelajaran matematika.

Pada tahun 1998, Indonesia mulai melirik pendekatan RME ini yang antara lain ditandai dengan pengiriman sejumlah dosen untuk mengambil program S3 di Belanda. Di antara mereka yang mengambil S3 dalam bidang pendidikan matematika diharuskan berkonsentrasi pada pembelajaran matematika dengan pendekatan RME. Awal tahun 2001, DIKTI melalui proyek PGSM mencoba menginisiasi ujicoba pembelajaran dengan pendekatan RME ini di kelas-kelas awal sekolah dasar. Perguruan Tinggi yang terlibat dalam uji coba ini adalah Universitas Pendidikan Indonesia, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas Sanata Dharma, dan Universitas Negeri Surabaya. Adapun beberapa sekolah yang terlibat untuk kawasan Bandung adalah SDPN yang ada di lingkungan UPI, SDN Sabang, dan MIN Cicendo.

RME mencerminkan suatu pandangan tentang matematika sebagai sebuah *subject matter*, bagaimana anak belajar matematika, dan bagaimana matematika seharusnya diajarkan. Pandangan ini terurai dalam enam karakteristik RME yang akan diuraikan berikut ini.

Prinsip Aktivitas. Menurut Freudenthal, karena ide proses matematisasi berkaitan erat dengan pandangan bahwa matematika merupakan aktivitas manusia, maka cara terbaik untuk mempelajari matematika adalah melalui *doing* yakni dengan mengerjakan masalah-masalah yang didesain secara khusus. Anak tidak dipandang sebagai individu yang hanya siap menerima konsep-konsep matematika siap-pakai secara pasif, melainkan harus diperlakukan sebagai partisipan aktif dalam keseluruhan proses pendidikan sehingga mereka mampu mengembangkan sejumlah *mathematical tools* yang kedalaman serta liku-likunya betul-betul dihayati.

Prinsip Realitas. Seperti halnya dalam pendekatan pembelajaran matematika pada umumnya, tujuan utama RME adalah agar siswa mampu mengaplikasikan matematika. Dengan demikian tujuan pengajaran matematika yang paling utama adalah agar siswa mampu menggunakan matematika yang mereka pahami untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi. Dalam RME, prinsip realitas ini tidak hanya dikembangkan pada tahap ahir dari suatu proses pembelajaran melainkan dipandang sebagai suatu sumber untuk belajar matematika. Karena matematika tumbuh dari

matematisasi realitas, maka selayaknya belajar matematika-pun harus diawali dengan proses matematisasi realitas.

Prinsip Tahap Pemahaman. Proses belajar matematika mencakup berbagai tahapan pemahaman mulai dari pengembangan kemampuan menemukan solusi informal yang berkaitan dengan konteks, menemukan rumus dan skema, sampai menemukan prinsip-prinsip keterkaitan. Persyaratan untuk sampai pada tahap pemahaman berikutnya menuntut adanya kemampuan untuk merefleksi aktivitas pengerjaan tugas-tugas matematika yang telah dilakukan. Aspek refleksi ini dapat terungkap melalui kegiatan yang melibatkan proses interaksi. Model-model yang dikembangkan oleh siswa pada proses selanjutnya akan menjadi modal utama sebagai jembatan antara tahap informal, konteks matematika yang berkaitan dan tahap matematika formal.

Prinsip Intertwinement. Salah satu karakteristik dari RME dalam kaitannya dengan matematika sebagai bahan ajar, adalah bahwa matematika tidak dipandang sebagai suatu bahan ajar yang terpisah-pisah. Dengan demikian, menyelesaikan suatu masalah matematika yang kaya-konteks mengandung arti bahwa siswa memiliki kesempatan untuk menerapkan berbagai konsep, rumus, prinsip, serta pemahaman secara terpadu dan saling berkaitan.

Prinsip Interaksi. Dalam pendekatan RME, proses belajar matematika dipandang sebagai suatu aktivitas sosial. Dengan kata lain siswa diberi kesempatan untuk melakukan tukar pengalaman, strategi penyelesaian, serta temuan lainnya di antara sesama mereka. Dengan mendengarkan apa yang ditemukan orang lain serta mendiskusikannya, siswa dimungkinkan untuk meningkatkan strategi yang mereka temukan sendiri. Dengan demikian, interaksi memungkinkan siswa untuk melakukan refleksi yang pada akhirnya akan mendorong mereka pada perolehan pemahaman yang lebih tinggi dari sebelumnya.

Prinsip Bimbingan. Salah satu prinsip kunci yang diajukan Freudenthal dalam pembelajaran matematika adalah perlunya *bimbingan* agar siswa mampu *menemukan kembali* matematika. Implikasi dari pandangan ini adalah bahwa baik guru maupun program pendidikan memegang peran yang sangat vital dalam proses bagaimana siswa memperoleh pengetahuan.

Prinsip aktivitas dalam RME yang memberikan penekanan pada pentingnya siswa untuk melakukan sesuatu yang merupakan bagian dari kegiatan bermatematika,

nampaknya dapat memberikan peluang bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematik mereka. Hal ini disebabkan karena kegiatan bermatematika pada dasarnya merupakan aktivitas yang dapat dilakukan baik secara individual maupun berkelompok. Aktivitas individual dapat menjadi landasan yang efektif untuk terjadinya interaksi konstruktif dalam kegiatan kelompok. Demikian pula sebaliknya, hasil interaksi dalam kegiatan kelompok dapat menjadi pendorong untuk terjadinya proses berpikir lebih lanjut dalam tataran individual. Prinsip aktivitas yang sekaligus dapat mendorong terlaksananya prinsip interaksi, memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan kemampuan berpikir matematik tingkat tinggi, karena aspek-aspek berpikir seperti matematisasi situasi, melakukan analisis, melakukan interpretasi, mengembangkan model sendiri, memberikan argumen matematik, dan membuat generalisasi pada hakekatnya merupakan rangkaian aktivitas bermatematika.

Interaksi antar siswa dalam konteks aktivitas bermatematika yang antara lain bisa dilakukan dalam bentuk dikusi, mengajukan argumentasi, atau memberikan jastifikasi pada gilirannya dapat mendorong terjadinya refleksi atas hasil atau tahapan yang telah dicapai. Refleksi yang terjadi pada tataran individu maupun kelompok pada akhirnya akan memunculkan peluang terjadinya peningkatan pemahaman pada masing-masing siswa. Dan tidak mustahil, peningkatan pemahaman ini selanjutnya akan mendorong terjadinya proses berpikir lanjutan ke tahapan yang lebih tinggi lagi dari yang sudah dicapai sebelumnya. Dengan demikian, prinsip tahap pemahaman yang dikembangkan dalam RME pada hakekatnya merupakan upaya mendorong terjadinya peningkatan proses berpikir pada diri siswa secara bertahap sehingga mencapai tingkatan optimal sesuai kemampuannya.

Realitas situasi yang terjangkau oleh pemikiran seseorang merupakan sarana efektif untuk terjadinya proses berpikir yang konstruktif. Hal ini disebabkan karena konteks yang dikenal dapat menstimulasi proses berpikir secara konstruktif pada saat penyelesaian suatu masalah. Belajar dengan multi konteks yang didasarkan pada teori belajar dan teori kognisi mengisyaratkan bahwa pengetahuan dan belajar hendaknya diperoleh serta dilakukan melalui suatu pengkondisian yang melibatkan konteks yang dikenal anak. Teori kognisi mengasumsikan, bahwa pengetahuan tidak mungkin dapat dipisahkan dari konteks dan aktivitas yang terkait dengan proses pengembangan pengetahuan tersebut. Dengan demikian, bagaimana seseorang belajar suatu

pengetahuan dan keterampilan, serta situasi dimana dia belajar, merupakan bagian yang sangat mendasar dalam terjadinya proses belajar. Dengan demikian, konteks dan aktivitas dalam pembelajaran sebaiknya diciptakan dalam bentuk yang bermakna bagi siswa.

Realitas yang dapat dimaknai sebagai konteks yang dikenal anak pada akhirnya akan berperan sebagai komponen-komponen dari suatu skema berpikir. Dalam skema tersebut dimungkinkan terjadinya pengaitan berbagai konteks maupun konsep matematika. Dalam situasi seperti ini, proses berpikir yang terjadi dapat melibatkan berbagai aspek dari tiap tahapan berpikir termasuk dari tahapan yang paling tinggi. Dengan demikian, prinsip realitas dan inter-twinment dapat dimanfaatkan untuk mendorong proses berpikir seseorang ke tahapan yang lebih tinggi dari tahapan yang sudah dicapai sebelumnya.

Pendekatan *Open-Ended*

Uraian tentang pendekatan *Open-Ended* yang disajikan berikut ini dikembangkan berdasarkan tulisan Becker dan Shimada (1997) berjudul *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. Antara tahun 1971 dan 1976 para ahli pendidikan matematika Jepang melakukan serangkaian penelitian yang berfokus pada pengembangan metoda evaluasi untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pendidikan matematika. Rangkaian penelitian tersebut adalah sebagai berikut: (1) Studi pengembangan metoda evaluasi dalam pendidikan matematika, tahun 1971, (2) Studi pengembangan metoda evaluasi dan analisis pengaruh faktor-faktor belajar dalam pendidikan matematika, tahun 1972-1973, dan (3) Studi pengembangan metoda evaluasi untuk mengukur kemampuan siswa dalam keterampilan berpikir matematik tingkat tinggi, tahun 1974-1976.

Pada tahap pertama dari serangkaian studi yang dilakukan, perhatian difokuskan pada penelaahan efektivitas penggunaan *open-ended problems* sebagai suatu metoda evaluasi untuk mengukur keterampilan berpikir matematik tingkat tinggi. Karena hasil-hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan *open-ended problems* ternyata mengandung potensi yang sangat besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, maka selanjutnya dilakukan sintesis terhadap semua hasil

penelitian di atas sehingga dihasilkan sebuah buku yang bisa dibaca secara luas oleh masyarakat pendidikan matematika internasional.

Dalam bagian buku tersebut dijelaskan, pembelajaran matematika tradisional antara lain bercirikan bahwa soal-soal yang dikembangkan baik dalam buku ajar maupun yang disajikan dalam proses pembelajaran biasanya hanya memiliki jawaban benar yang tunggal. Dengan demikian jawaban siswa hanya berkisar pada dua kemungkinan yakni benar atau salah. Masalah seperti ini selanjutnya disebut sebagai masalah tertutup (*close problems*). Suatu masalah yang diformulasikan sedemikian sehingga memiliki kemungkinan variasi jawaban benar baik dari aspek cara maupun hasilnya disebut masalah *open-ended*. Dalam proses pembelajaran, manakala siswa dihadapkan pada suatu masalah dan mereka diminta untuk mengembangkan metoda, cara, atau pendekatan yang berbeda-beda dalam upaya memperoleh jawaban benar, maka mereka sebenarnya berhadapan dengan masalah yang bersifat *open-ended*. Dalam kasus tersebut, siswa tidak hanya diminta untuk menentukan suatu jawaban yang benar atas soal yang diberikan melainkan juga diminta untuk menjelaskan bagaimana caranya sampai pada jawaban benar tersebut.

Pengembangan ide digunakannya pendekatan *open-ended* diawali dari adanya keinginan untuk mengevaluasi kemampuan berfikir tingkat tinggi siswa dalam matematika. Dalam pembelajaran matematika, serangkaian pengetahuan, keterampilan, konsep, prinsip, atau aturan biasanya disajikan secara bertahap. Penyajian secara bertahap ini bukan dimaksudkan untuk menunjukkan bahwa satu topik lebih penting dari topik lainnya atau mencoba memisahkan tiap konsep dari konsep lainnya. Hal tersebut dilakukan dengan maksud untuk membangun suatu pemahaman secara gradual-bertahap yang pada akhirnya menuju pada pemahaman yang lebih terintegrasi. Untuk mengetahui sejauh mana pemahaman yang sudah dicapai, khususnya menyangkut kemampuan berpikir tingkat tingginya, maka diperlukan cara mengevaluasi yang lebih bersifat tidak rutin sebagaimana soal-soal yang biasa muncul dalam buku ajar, ulangan harian, atau ujian.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh suatu kesimpulan umum antara lain bahwa tujuan pembelajaran tingkat tinggi dimungkinkan untuk dikembangkan melalui pendekatan yang bersifat *open-ended*. Perkembangan perolehan komponen-komponen pengetahuan dan keterampilan yang berguna untuk mencapai

tujuan pembelajaran tingkat tinggi, tidak hanya tergantung pada kemampuan bawaan siswa (talenta), akan tetapi juga sangat dipengaruhi secara signifikan oleh model pembelajaran yang dikembangkan guru khususnya yang mampu menciptakan kesempatan dan dorongan bagi siswa untuk berkembang.

Pendekatan Kontekstual

Pendekatan kontekstual adalah suatu pendekatan yang memungkinkan terjadinya proses belajar dan di dalamnya siswa dimungkinkan menerapkan pemahaman serta kemampuan akademik mereka dalam berbagai variasi konteks, di dalam maupun luar kelas, untuk menyelesaikan permasalahan nyata atau yang disimulasikan baik secara sendiri-sendiri maupun berkelompok. Aktivitas yang diciptakan dalam pengajaran kontekstual memuat strategi yang dapat membantu siswa membuat kaitan dengan peran dan tanggungjawab mereka sebagai anggota keluarga, warga negara, siswa sendiri, dan sebagai pekerja. Proses belajar yang diciptakan melalui kegiatan seperti ini secara umum bercirikan beberapa hal berikut: berbasis masalah, self-regulated, muncul dalam berbagai variasi konteks yang meliputi masyarakat dan tempat kerja, melibatkan kelompok belajar, dan responsif terhadap perbedaan kebutuhan serta minat siswa. Selain itu, pengajaran kontekstual memberikan penekanan pada penggunaan berfikir tingkat tinggi; transfer pengetahuan; dan pengumpulan, analisis, serta sintesis informasi dan data dari berbagai sumber serta sudut pandang. Dalam kaitannya dengan evaluasi, pengajaran kontekstual lebih menekankan pada authentic assessment yang diperoleh dari berbagai sumber dan pelaksanaannya menyatu atau terintegrasi dengan proses pembelajaran.

Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM). Pembelajaran berbasis masalah merupakan suatu strategi yang dimulai dengan menghadapkan siswa pada masalah nyata atau masalah yang disimulasikan. Pada saat siswa menghadapi masalah tersebut, mereka mulai menyadari bahwa hal demikian dapat dipandang dari berbagai perspektif serta untuk menyelesaikannya diperlukan pengintegrasian informasi dari berbagai disiplin ilmu. Menurut Sears dan Hersh (2001, h.7), pembelajaran berbasis masalah ini dapat melibatkan siswa dalam berfikir tingkat tinggi dan pemecahan masalah. Selanjutnya Pierce dan Jones (2001, h. 71-74) mengemukakan karakteristik pembelajaran berdasarkan digunakan atau tidak digunakannya pendekatan PBM. Jika

tidak banyak karakteristik PBM yang muncul dalam pembelajaran, maka pendekatan yang digunakan termasuk PBM rendah. Sedangkan pada sisi lain, jika siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan-kegiatan yang mencerminkan segmen-segmen PBM, maka pendekatan yang digunakan tergolong pada PBM tinggi. Segmen-segmen PBM tersebut secara lengkapnya adalah sebagai berikut:

1. *Perencanaan*, yang mencakup beberapa hal seperti: (1) mempersiapkan siswa untuk dapat berperan sebagai *self-directed problem solvers* yang dapat berkolaborasi dengan pihak lain; (2) menghadapkan siswa pada suatu situasi yang dapat mendorong mereka untuk mampu menemukan masalahnya; dan (3) meneliti hakekat permasalahan yang dipersiapkan sambil mengajukan dugaan-dugaan serta rencana penyelesaian masalah.
2. *Investigasi*, meliputi kegiatan: (1) mengeksplorasi berbagai cara menjelaskan kejadian serta implikasinya, dan (2) mengumpulkan serta mendistribusikan informasi.
3. *Penyajian Hasil*: menyajikan temuan-temuan.
4. *Tanya-Jawab/Diskusi*: (1) menguji kelemahan dan keunggulan solusi yang dihasilkan, dan (2) melakukan refleksi atas efektivitas seluruh pendekatan yang telah digunakan dalam penyelesaian masalah.

Belajar dengan Multi Konteks. Belajar dengan multi konteks yang didasarkan pada teori belajar dan teori kognisi saat ini mengisyaratkan bahwa pengetahuan dan belajar hendaknya diperoleh serta dilakukan melalui suatu pengkondisian yang melibatkan konteks sosial dan fisik. Teori kognisi mengasumsikan, bahwa pengetahuan tidak mungkin dapat dipisahkan dari konteks dan aktivitas yang terkait dengan proses pengembangan pengetahuan tersebut. Dengan demikian, bagaimana seseorang belajar suatu pengetahuan dan keterampilan, serta situasi dimana dia belajar, merupakan bagian yang sangat mendasar dalam terjadinya proses belajar.

Pada beberapa dekade terakhir ini, para pendidik dan peneliti telah banyak mencurahkan perhatiannya untuk mencoba mengembangkan bagaimana agar aspek-aspek yang dipelajari anak di sekolah bermanfaat bagi konteks lain di luar sekolah. Isu terbaru mengenai hal ini antara lain adalah adanya interest dan kecenderungan untuk menciptakan konteks serta situasi lebih baik dalam setting yang lebih bermakna sehingga, manakala anak meninggalkan sekolah mereka diharapkan mampu

memanfaatkan resultan pengetahuan yang diperoleh di sekolah dalam kehidupannya di masyarakat. Diskusi tentang *contextual learning* sangat terkait erat dengan ide-ide baru tentang hakekat kognisi dan belajar. Istilah-istilah seperti *situated cognition*, *authentic activities*, *distributed cognition*, dan *communities of practice* pada saat ini merupakan topik-topik pembicaraan yang sangat populer dikalangan para ahli pendidikan dan psikologi. Semua pembicaraan tentang konsep tersebut pada dasarnya merupakan suatu bukti pentingnya konteks dalam proses belajar. Sebagai contoh, bagaimana kita bisa mengidentifikasi pengetahuan serta keterampilan tertentu yang diperlukan siswa pada kehidupannya dikemudian hari, sementara perubahan yang terjadi di masyarakat berlangsung secara cepat sehingga pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkanpun juga berubah secara cepat? Bagaimana kita menciptakan konteks dan pengalaman belajar bagi siswa sehingga mampu memberdayakan mereka menjadi pembelajar mandiri dan pemecah masalah sepanjang hidupnya? Dua pertanyaan tersebut mengisyaratkan pentingnya pembelajaran kontekstual yang diharapkan dapat memberdayakan siswa untuk menjadi individu yang mampu secara mandiri menghadapi setiap permasalahan dikemudian hari baik di jenjang sekolah lebih tinggi ataupun di lingkungan masyarakat.

Self-Regulated Learning (SRL). SRL mencakup tiga karakteristik sentral yaitu: (1) kesadaran berfikir, (2) penggunaan strategi, dan (3) pemeliharaan motivasi. Pengembangan sifat self-regulated pada diri seseorang meliputi peningkatan kesadaran tentang berpikir efektif serta kemampuan menganalisis kebiasaan berpikir. Seseorang memiliki peluang untuk mengembangkan keterlibatannya dalam *self-observation*, *self-evaluation*, dan *self-reaction* untuk mengarahkan tiap rencana yang dia buat, strategi yang dipilih, serta evaluasi tentang pekerjaan yang dihasilkan. Aspek kedua dari SRL meliputi strategi untuk belajar, mengontrol emosi, dan aspek-aspek lain yang menunjang terbentuknya kemampuan penggunaan strategi. Dan dalam kaitannya dengan pemeliharaan motivasi, beberapa aspek berikut perlu diperhatikan: tujuan aktivitas yang dilakukan, tingkat kesulitan serta nilainya, persepsi siswa tentang kemampuannya untuk mencapai tujuan tersebut, dan persepsi siswa apabila mereka berhasil atau gagal mencapai tujuan tersebut. Dengan demikian, SRL meliputi sikap, strategi, serta motivasi yang dapat meningkatkan upaya siswa dalam belajar.

Peranan siswa dan guru dalam *self-regulated learning* dapat dirangkum dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Peran Siswa dan Guru dalam SLR

Peran Siswa	Peran Guru
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengambil peran dalam proses belajar ▪ Mendefinisikan tujuan belajar serta masalah yang bermakna secara personal ▪ Menumbuhkan motivasi dari kebermaknaan tujuan, proses, dan keterlibatan dalam belajar ▪ Mempertimbangkan berbagai pilihan strategi serta memilih strategi yang dianggap paling mungkin mencapai tujuan ▪ Menyadari serta melakukan monitor atas proses berpikir sendiri dan secara terus-menerus mencoba mengembangkannya ▪ Memperoleh makna serta pengetahuan dan melakukan transfer atau aplikasi pada pemecahan masalah yang dihadapi secara kreatif ▪ Berpikir secara reflektif sebagai alat untuk mengembangkan pendekatan kognitif dan transfer pengetahuan ▪ Berpartisipasi dalam pengembangan serta penggunaan esesmen untuk mengevaluasi kemajuan sendiri. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyediakan lingkungan belajar yang memungkinkan <i>self-regulated</i> dalam belajar pada diri siswa berkembang ▪ Menciptakan kesempatan untuk terjadinya <i>self-directed activities, collaborative work, dan sharing of knowledge</i> ▪ Membimbing siswa dalam hal bagaimana belajar ▪ Bertindak sebagai fasilitator dan pembimbing ▪ Menjadi model, mediator, dan pembina yang sesuai dengan kebutuhan siswa ▪ Membantu siswa untuk menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan sebelumnya ▪ Membantu siswa untuk senantiasa memperbaiki dan mengembangkan strategi pemecahan masalah yang digunakan ▪ Aktif mendengarkan, bertanya, menyediakan balikan, serta menolong siswa untuk selalu berfokus pada permasalahan yang dihadapi.

Authentic Assessment. Kompleksitas dan beragamnya permasalahan pendidikan baik ditinjau dari sisi kemampuan dan kebutuhan anak, lingkungan sosial anak, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta tuntutan masyarakat menyebabkan proses pendidikan menjadi semakin kompleks. Dengan demikian untuk mengembangkan kemampuan dan potensi anak secara optimal diperlukan berbagai upaya yang di dalamnya termasuk pengembangan model assessment yang relevan. Jika pada pengajaran matematika tradisional hal tersebut biasanya dilaksanakan dengan orientasi utama pada hasil akhir (*product oriented*), pada pendekatan pembelajaran kontekstual hal tersebut sudah tidak sesuai lagi. *Authentic Assessment* adalah suatu assessment yang lebih berorientasi pada proses sehingga pelaksanaannya menyatu dengan proses pembelajaran. Dengan cara seperti itu maka setiap perkembangan yang terjadi menyangkut anak baik secara individu maupun kelompok akan terpantau, sehingga setiap kelebihan atau kelemahan yang ditemukan akan segera dapat dimanfaatkan sebagai balikan serta bahan untuk melakukan refleksi baik bagi siswa maupun guru.

Learning Community. Aktivitas belajar yang dilakukan melalui pendekatan kontekstual biasanya melibatkan suatu kelompok sosial tertentu yang dikenal sebagai *learning community*. Komunitas belajar ini memegang peranan yang sangat penting dalam proses belajar karena di dalamnya terjadi suatu proses interaksi aktif baik antar siswa maupun antara siswa dengan guru. Dengan terjadinya interaksi seperti tersebut, maka dengan sendirinya akan diperoleh banyak keuntungan antara lain terjadinya: *sharing* pengetahuan dan pendapat, refleksi atas hasil pemikiran masing-masing maupun kelompok, saling berargumentasi atas pendapat atau hasil masing-masing, dan akhirnya akan bermuara pada peningkatan pemahaman untuk masing-masing anggota kelompok.

Untuk melihat sejauh mana implikasi pendekatan yang telah dikemukakan di atas terhadap pembelajaran matematika di Indonesia, terlebih dahulu perlu diuraikan beberapa ciri penting dari kurikulum terbaru yang saat ini diterapkan di lapangan. Ciri-ciri kurikulum tersebut adalah sebagai berikut:

1. Karena kurikulum ini dikembangkan berdasarkan kompetensi tertentu.
2. Berpusat pada anak sebagai pengembang pengetahuan.
3. Terdapat penekanan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah; kemampuan berpikir logis, kritis, dan kreatif, serta kemampuan mengkomunikasikan gagasan secara matematik.
4. Cakupan materi untuk sekolah dasar meliputi: bilangan, geometri dan pengukuran, pengolahan data, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
5. Cakupan materi untuk SLTP meliputi: bilangan, aljabar, geometri dan pengukuran, peluang dan statistika, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
6. Cakupan materi untuk SMU meliputi: aljabar, geometri dan pengukuran, trigonometri, peluang dan statistika, kalkulus, logika matematika, pemecahan masalah, serta penalaran dan komunikasi.
7. Kurikulum berbasis kompetensi ini secara garis besarnya mencakup tiga komponen yaitu kompetensi dasar, materi pokok, dan indikator pencapaian hasil belajar.
8. Kemampuan *pemecahan masalah* serta *penalaran dan komunikasi* bukan merupakan pokok bahasan tersendiri, melainkan harus dicapai melalui proses belajar dengan mengintegrasikan topik-topik tertentu yang sesuai.

Jika dibandingkan dengan kurikulum sebelumnya, kurikulum baru ini memuat perubahan yang cukup mendasar terutama dalam hal penerapan pandangan bahwa dalam proses belajar, anak dianggap sebagai pengembang pengetahuan. Selain itu, adanya penekanan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah; berfikir logis, kritis, dan kreatif; serta mengkomunikasikan gagasan secara matematik, maka teori belajar yang dominan digunakan kemungkinannya adalah aliran psikologi perkembangan serta konstruktivisme. Dalam penerapannya, guru antara lain harus mampu menciptakan suatu kondisi sehingga proses asimilasi dan akomodasi seperti yang dikemukakan Piaget dapat berjalan secara efektif. Selain itu, guru juga harus memperhatikan adanya keberagaman kemampuan di antara siswa sehingga dengan kondisi tertentu yang diciptakan guru, maka potensi masing-masing siswa dapat berkembang secara optimal.

Tiga pendekatan yang telah dikemukakan di atas yakni *RME*, *Open-Ended*, dan kontekstual selain berbasis teori belajar yang sama yakni konstruktivisme, dalam implementasi pembelajarannya memiliki banyak kesamaan antara lain: menganut model pembelajaran berbasis masalah, berorientasi pada siswa, guru lebih berperan sebagai fasilitator, menganut sistem asesmen yang bersifat menyatu dengan proses pembelajaran (*authentic assessment*), serta siswa dan guru secara bersama-sama membentuk suatu *learning community*. Berdasarkan ciri-ciri kurikulum baru di atas serta sejumlah kesamaan karakteristik yang dimiliki pendekatan ketiga pendekatan tadi, nampaknya terbuka peluang untuk diterapkannya ketiga pendekatan tersebut dalam pembelajaran matematika sekolah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbin, E. (1992). The Epistemological Roots of Constructivist Interpretation of Teaching Mathematics. Dalam J.A. Malone dan P.C.S. Taylor (Eds), *Constructivist Interpretations of Teaching and Learning Mathematics*. Perth: National Key Centre for School Science and Mathematics.
- Basden, J., Boone, S., Fetter, A., Koenig, J., Lanius, C., Mabbott, A., McKinstry, 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
- Becker, J.P. dan Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. Virginia: NCTM

- Bell, F.H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics in Secondary Schools*. Dubuque: Wm.C. Brown Company Publishers.
- Brophy, J.E., & Good, T.L. (1986). Teacher behavior and student achievement. Dalam M.Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*, (h. 328-375). New York: Macmillan.
- Burton, L. (1992). Implication of Constructivism for Achievement in Mathematics. Dalam J.A. Malone dan P.C.S. Taylor (Eds), *Constructivist Interpretations of Teaching and Learning Mathematics*. Perth: National Key Centre for School Science and Mathematics.
- Departemen P dan K. (1993). *Kurikulum Pendidikan Dasar 1994*, Jakarta: CV. Aneka Ilmu.
- Departemen Pendidikan Nasional. *Kurikulum Berbasis Kompetensi: Mata Pelajaran Matematika Sekolah Dasar*, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Depdiknas, 2001.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2001). *Kurikulum Berbasis Kompetensi: Mata Pelajaran Matematika Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama*, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Depdiknas.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2001). *Kurikulum Berbasis Kompetensi: Mata Pelajaran Matematika Sekolah Menengah Umum*, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Depdiknas.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2001). *Kurikulum Berbasis Kompetensi: Kebijakan Umum Pendidikan Dasar dan Menengah*, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Depdiknas.
- Dienes, Z.P. (1969). *Mathematics in The Primary School*. London: Macmillan and Co Ltd.
- Dubinsky, E. (2001). *Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses*. Coventry: University of Warwick
- Fraivillig, J.L., Murphy, L.A., & Fuson, K.C. (1999). Advancing Children's Mathematical Thinking in Everyday Mathematics Classrooms. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30, 148-170.
- Gagne, R.M. (1970). *The Conditions of Learning, second edition*, New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Good, T.L., Mulryan, C., & McCaslin, M. (1992). Grouping for Instruction in Mathematics: A Call for Programmatic Research on Small-Group Processes. Dalam D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, (pp. 165-196). New York: NCTM
- 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.
- NCTM. (1998). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA.: NCTM
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM

- 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.
- Piaget, J. dan Inhelder, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities*. London: Routledge & Kegan Paul
- Pierce, J.W. dan Putnam, R.T. (2001). Problem-Based Learning: Learning and Teaching in the Context of Problems. Dalam K.R. Howey, dkk. (Eds). *Contextual Teaching and Learning: Preparing Teacher to Enhance Student Success in The Workplace and Beyond*. (pp. 17-32). ERIC Clearinghouse on Teaching and Teacher Education.
- Reys, R.E., Suydam, M.N., Lindquist, M.M., dan Smith, N.L. (1998). *Helping Children Learn Mathematics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Riedesel, C.A., Schwartz, J.E., dan Clements, D.H. (1996). *Teaching Elementary School Mathematics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Ruseffendi, E.T. (1988). *Pengantar Kepada Membantu Guru Mengembangkan Kompetensinya dalam Pengajaran Matematika untuk Meningkatkan CBSA*. Bandung: Tarsito
- Ruseffendi, E.T. (1979). *Pengajaran Matematika Moderen untuk Orang Tua Murid, Guru dan SPG, buku 1*, Bandung: Tarsito.
- Ruseffendi, E.T. (1985). *Pengajaran Matematika Moderen untuk Orang Tua Murid, Guru dan SPG, buku 6*, Bandung: Tarsito.
- Sears, S.J. dan Hers, S.B. (2001). Contextual Teaching and Learning: An Overview of the Project. Dalam K.R. Howey, dkk. (Eds). *Contextual Teaching and Learning: Preparing Teacher to Enhance Student Success in The Workplace and Beyond*. (pp. 1-20). ERIC Clearinghouse on Teaching and Teacher Education.
- Suryadi, D. (2001). *Pengembangan Kemampuan Berpikir Matematik Tingkat Tinggi Melalui Kegiatan Pemecahan Masalah di SLTP*. Bandung: UPI
- 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
- Van den Heuvel-Panhuizen, M (2000). *Mathematics Education in the Netherlands: A guide tour*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

PENULIS

Dr. Didi Suryadi, M.Ed

S1 dalam Pendidikan Matematika dari IKIP Bandung

S2 dalam Pendidikan Matematika dari La Trobe University, Australia

S3 dalam Pendidikan Matematika dari SPS UPI