

PEMBELAJARAN MATEMATIKA KINI DAN KECENDERUNGAN MASA MENDATANG

Oleh: Turmudi

Dipublikasikan dalam Buku Bunga Rampai Pembelajaran MIPA, JICA FPMIPA, 2010.

Abstract

Matematika merupakan bagian dari kurikulum sekolah yang wajib dipelajari oleh setiap siswa dalam jenjang pendidikan manapun. Dalam perkembangannya matematika dan pembelajaran matematika mengalami pasang surut. Tergantung pada filosofi yang mendasarinya. Pandangan bahwa matematika itu ilmu yang abstrak, ketat, terstruktur, dan tidak boleh salah berpengaruh kepada rigid-nya pembelajaran matematika, sehingga matematika menjadi sangat terstruktur dan penyajiannya juga harus terstruktur secara rapi dan ketat. Di sisi lain ada suatu pandangan bahwa matematika adalah aktivitas kehidupan manusia; pandangan ini berpengaruh terhadap cara pembelajarannya. Fenomenologi didaktis dan konteks dijadikan awal dan titik tolak pembelajaran matematika. Siswa memperoleh konsep-konsep dan prosedur matematika setelah mereka melakukan pengamatan dan penyelidikan terhadap konteks yang diberikan.

Tulisan singkat ini akan mengungkapkan situasi saat ini dan kecenderungan masa mendatang bagaimana pembelajaran matematika akan berlangsung di kelas.

Kata Kunci: *Konteks, realistik, konstruktivisme,*

A. Pembelajaran Matematika Kini di Indonesia

Ketika seorang guru bertanya kepada muridnya di kelas "Siapa di antara kalian yang menyukai matematika, coba acungkan tangan?" Maka tak akan lebih dari 20 persen siswa yang menggemari matematika. Dan apabila pertanyaan di atas diulang di dalam kelas yang berbeda, maka hasilnya pun kurang lebih akan serupa. Hal ini

memperlihatkan bahwa matematika memang merupakan pelajaran yang kurang disukai dan diminati oleh para siswa.

Ketika ditanyakan kepada guru oleh para instruktur dalam sebuah workshop ataupun lokakarya pengembangan profesi guru "Apakah anda sebagai guru mengajarkan matematika dengan memberikan ruang yang cukup bagi siswa untuk dapat mengembangkan kreatif berfikir?" Maka sebagian besar guru akan memberikan jawaban tidak cukup waktu untuk memberikan kesempatan kepada siswa berkreasi karena terbatasnya waktu dan target kurikulum yang begitu ketat untuk segera menghadapi tes standar atau ujian nasional, sehingga wajar kalau pilihan pavorit guru dalam mengajar adalah menggunakan metoda ekspositori sebagaimana yang dituturkan oleh Wahyudin (1999) "Bahwa metode ekspositori menjadi pilihan pavorit para guru dalam pembelajaran matematika". Memang benar dengan cara seperti ini tidak menyita waktu terlalu banyak, namun keterlibatan siswa dalam permasalahan dan pembelajaran matematika intensif, akibatnya siswa akan menjadi cepat lupa.

1. Situasi Pembelajaran Matematika

Prototipe pembelajaran matematika di negeri ini kira-kira sejalan dengan yang diungkapkan oleh de Lange (1996) bahwa pembelajaran (matematika) seringkali ditafsirkan sebagai kegiatan yang dilaksanakan guru, ia mengenalkan subjek, memberikan satu atau dua contoh, lalu ia mungkin menanyakan satu atau dua pertanyaan, dan pada umumnya meminta siswa yang biasanya mendengarkan secara pasif untuk menjadi aktif dengan memulai mengerjakan latihan yang diambil dari buku. Hal ini dilakukan secara terus menerus oleh individu seorang guru. Kemudian pembelajaran berakhir dengan tersusun secara rapi, dan pembelajaran berikutnya akan berlangsung dengan aktivitas yang serupa. Begitulah ilustrasi pembelajaran matematika yang umumnya sedang berlangsung di dunia, yang diungkapkan oleh dari seorang pengembang pendidikan matematika dari negeri Belanda.

Selanjutnya apakah guru-guru kita masih memiliki prototipe seperti itu, mantan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan kita, Wardiman Djojonegoro (1995) dalam

sebuah seminar nasional pernah mengungkapkan bahwa: Kebanyakan sekolah dan guru-guru (di Indonesia) memperlakukan siswa bagaikan suatu wadah yang siap untuk diisi pengetahuan.... Contoh lain yang populer adalah kecenderungan terhadap jawaban salah-benar dalam belajar. Sekolah dan guru umumnya berfokus pada perolehan jawaban siswa yang benar dalam mengembangkan proses dan menurunkan jawaban. Hasilnya, bahwa siswa seringkali hanya untuk pencapaian prestasi dan untuk memahami ‘kulit-kulitnya’ saja, karna cara-cara hafalan jatuh dalam kategori belajar seperti ini.

Hal-hal seperti di atas memang relevan dengan yang dikemukakan oleh ahli-ahli pendidikan matematika bangsa lain terutama yang berkaitan dengan pembelajaran yang masih dipandang konvensional. Misalkan Silver (dalam Turmudi, 2008) mengemukakan bahwa pada umumnya dalam pembelajaran matematika, para siswa menonton bagaimana gurunya mendemonstrasikan penyelesaian soal-soal matematika di papan tulis dan siswa mengkopi apa yang telah dituliskan oleh gurunya. Hal serupa dikemukakan oleh Senk dan Thompson (2003) bahwa dalam kelas tradisional, umumnya guru-guru menjelaskan pembelajaran matematika dengan mengungkapkan rumus-rumus dan dalil-dalil matematika terlebih dahulu, baru siswa berlatih dengan soal-soal yang disediakan.

Situasi-situasi seperti di atas, memang menjadi pemandangan sehari-hari dalam pembelajaran matematika, meskipun beberapa pembaharuan dalam pembelajaran matematika telah berlangsung cukup lama. Misalkan sejak diperkenalkannya Cara Belajar Siswa Aktif (CBSA), sebenarnya nuansa pembelajaran yang berpusat pada siswa telah diperkenalkan, suatu situasi yang siswanya diberi kebebasan dan ruang gerak yang lebih leluasa untuk berfikir dan berkreasi. Namun sosialisasi model CBSA tidak dilakukan secara hati-hati, ketika melakukan proses diseminasi persyaratan-persyaratan di tingkat proyek kurang memperoleh penekanan akibatnya CBSA tinggal sebuah kenangan. Belakangan diketahui slogan-slogan negatif tentang CBSA bermunculan di berbagai daerah dengan dialek dan bahasa-

bahasa lokal yang berbeda-beda pula. Padahal CBSA merupakan pembelajaran yang bersumber pada pembelajaran bernuansa *konstruktivisme*.

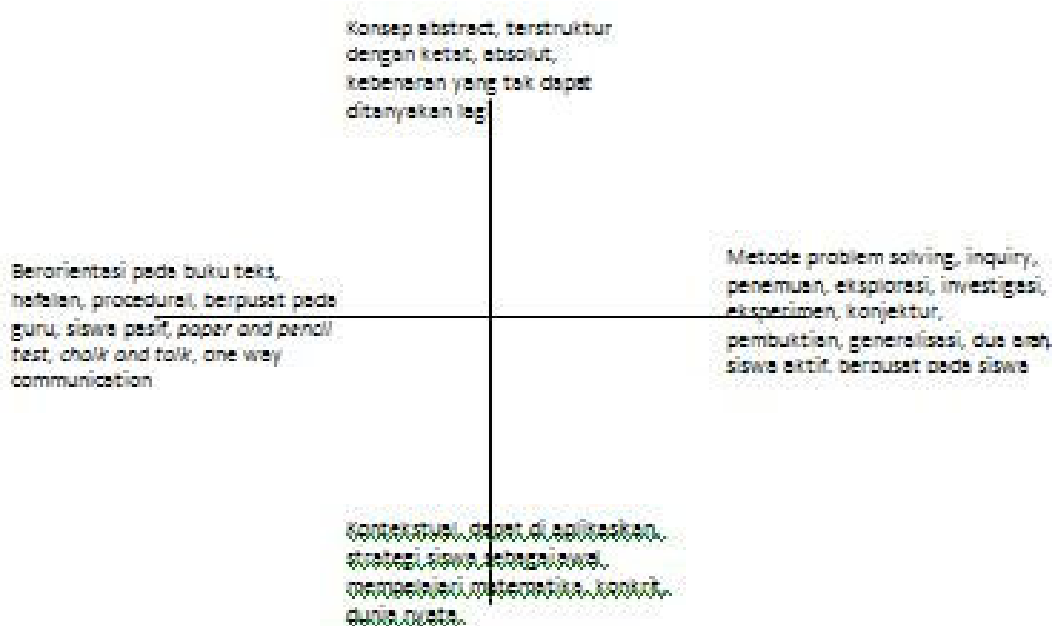
Apabila pembaharuan-pembaharuan pendidikan matematika di negeri kita tidak dikawal secara ketat dan dilakukan secara hati-hati dan proses yang disampaikan kepada para guru dan siswa tidak mendapat perhatian yang sungguh-sungguh baik dari para pengambil kebijakan, maupun dari para pendidik, dikhawatirkan berbagai pembaharuan dalam pembelajaran matematika akan jatuh ke “jurang” yang sama seperti halnya nasib CBSA.

Kejadian pembelajaran matematika yang mengaktifkan siswa masih sangat jarang sekurang-kurangnya sampai akhir tahun 1995 bahwa pendekatan pembelajaran matematika (dan sains) pada kebanyakan ruang-ruang kelas-kelas di Indonesia masih didominasi guru. Sebagaimana dikemukakan oleh Hinduan, Hidayat, dan Firman (1995) bahwa dari sudut pandang proses belajar mengajar matematika dan IPA di sekolah masih dilakukan pembelajaran dengan metode ceramah. Terutama dengan pemberian dan hafalan fakta dan informasi kepada para siswa, tanpa memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan kegiatan yang merangsang para siswa melatih kemampuan untuk pengamatan, untuk berfikir dan untuk melakukan penelitian.

Dengan memperhatikan beberapa uraian di atas dapatlah dikatakan bahwa situasi di Indonesia saat ini khususnya dalam pembelajaran matematika masih menganut jenis pembelajaran tradisional sebagaimana dikemukakan oleh Silver (1989), de Lange (1996), Senk dan Thompson (2003), ataupun bukti-bukti yang dikemukakan oleh Djojonegoro (1995) Hinduan, Hidayat, dan Firman (1995) serta Wahyudin (1999). Oleh karena itu sewajarnya apabila kita dapat menyuguhkan pembelajaran matematika yang tidak hanya sekedar yang dikemukakan di atas, melainkan pembelajaran matematika yang melibatkan siswa untuk mampu melakukan pengamatan, dan penyelidikan, membuat dugaan (konjektur) mengumpulkan data, melakukan pembuktian dan menarik kesimpulan.

1. Pembelajaran Matematika secara Teori

Pembelajaran matematika di beberapa negara maju umumnya sudah memperhatikan aspek-aspek pandangan terhadap matematika dan aspek strategi pembelajarannya. Kalau meminjam model yang dikembangkan oleh Cockroft (dalam Turmudi, 2008) dengan menggunakan tiga dimensi dan kita sederhanakan menjadi dua dimensi dengan mengabaikan aspek siswa, maka akan diperoleh model seperti tampak pada Gambar 1. Wilayah di Kuadran II merupakan situasi kita saat ini yaitu saat sebelum dilaksanakan pembaharuan dalam pembelajaran matematika. Cara memandang matematika sebagai ilmu yang abstrak, yang mutlak, yang eksak, yang pasti, dan ilmu yang ketat; sementara pembelajarannya dengan pendekatan yang berorientasi pada buku teks, dengan hafalan dan prosedural dan berpusat pada guru, siswanya pasif, hanya kapur dan omong, serta komunikasi satu arah saja.



Gambar 1: Model dua dimensi tentang sosok pembelajaran matematika

Padahal cara pandang terhadap matematika bahwa matematika adalah bidang ilmu yang dapat diaplikasikan, strategi penyelesaian siswa dapat dijadikan sebagai awal mempelajari matematika serta target agar pembelajaran matematika dapat berlangsung dengan pemecahan masalah, dengan inquiry dan kegiatan-kegiatan

eksperimen untuk bereksplorasi dan berinvestigasi, maka sasaran guru-guru kita adalah wilayah Kuadran IV.

Namun demikian untuk dapat sampai kepada kuadran IV tidaklah sederhana. Hal ini memerlukan energy, usaha, dan kemauan keras dari para guru dan para pengambil keputusan agar siswa-siswa yang dihasilkan juga menjadi siswa-siswa yang tangguh, mampu menggunakan pemikiran tingkat tinggi.

Sebagaimana dikemukakan oleh Stigler dan Stevenson (1991) dalam pernyataan berikut ini: jika kita mempertanyakan secara singkat bagaimana karakteristik kelas matematika di Jepang dan di Cina akan dikatakan bahwa pembelajaran itu akan terdiri atas pelajaran yang berkaitan secara logis disajikan secara bijaksana, rileks dan dengan cara yang non otoritatif.

Pembelajaran matematika dan sains di dua Negara ini berorientasi pada pemecahan masalah dari pada hanya berorientasi pada ketuntasan hafalan fakta dan prosedur serta menggunakan banyak bentuk representasi materi pelajaran yang beragam. Peranan yang diasumsikan guru adalah pengetahuan yang dapat dibimbingkan, daripada guru hanya sekedar penyedia informasi dan memeriksa apa yang benar dari siswa. Situasi ini kontradiksi dengan pandangan barat tentang pembelajaran (matematika) di Asia. Pembelajarannya bukan hafalan (*rote*), para guru tidak mengisinya dengan *drill*. Guru tidak terlalu banyak menghabiskan waktunya hanya dengan ceramah, melainkan mencoba membimbing siswa untuk diskusi dan interaksi secara produktif. Siswa bukanlah automata yang pasif yang digambarkan oleh dunia barat, namun siswa adalah peserta belajar yang aktif.

Bagaimana pembelajaran matematika umumnya berlangsung Stevenson dan Nerison-Low (2002) mencatat struktur pembelajaran matematika di Jepang penekanannya pada penyajian permasalahan praktis, menjelaskan perbedaan-perbedaan solusi yang diberikan siswa, meminta siswa lain mengomentari dan mengevaluasi efektifitas penyelesaian siswa, kemudian membawa pelajaran matematika kepada suatu ringkasan dan penutup dengan menyatakan aturan yang mendasari penyelesaian

persoalan matematika yang disajikan. Dan umumnya persoalan matematika yang disajikan kepada siswa merupakan soal-soal yang bersifat problem solving.

Meskipun sangkaan barat adalah keliru, namun sangkaan itu sekurang-kurangnya menjadi tidak keliru untuk kondisi negara kita, sebab pembelajaran matematika di Negara kita belum memperlihatkan pembelajaran matematika sebagai mana diuraikan oleh Stigler dan Stevenson (1991). Memang pembelajaran matematika di negeri kita masih tergolong *rote learning* sebagaimana yang dikemukakan oleh Djojonegoro (1995).

Dalam kelas-kelas tradisional matematika dipahami sebagai pengetahuan yang sudah tertentu – *as a fixed, static body of knowledge* (Romberg & Kaput, 1999), dan berkaitan dengan pendekatan pembelajaran seperti ini bahwa urutan pembelajaran yang didesain untuk mendorong siswa mengumpulkan pengetahuan dengan menghafalkan fakta-fakta bilangan dan hitung menghitung (Senk & Thompson, 2003). Memanipulasi bilangan dan simbol-simbol aljabar secara mekanik dan memberikan pembuktian geometri secara axiomatic juga menjadi karakteristik dari pembelajaran ini. Bagaimana siswa mendapatkan pengetahuan matematika di dalam pendekatan tradisional oleh Koseki (1999) dikatakan sebagai '*copy method*'. Namun demikian siswa yang hanya mengingat-ingat fakta dan prosedur tanpa pemahaman seringkali kurang merasa yakin ketika dan bagaimana menggunakan apa yang mereka tahu, dan pembelajaran seperti ini seringkali agak rapuh (Bransford, Brown, & Cocking, 1999).

Terkait dengan gerakan reformasi pembelajaran matematika dalam teori pembelajaran, Leder (1992) mengatakan bahwa akhir-akhir ini ada hal menarik perhatian yaitu sedikit perhatian kepada paham bahwa "paling baik guru membantu siswanya belajar matematika adalah dengan cara dengan menggunakan urutan tertentu dan melalui prosedur tertentu untuk disajikan kepada siswa" dan menurut Leder dipercayai bahwa perhatian mulai banyak diberikan kepada suatu pandangan bahwa "belajar adalah hasil dari konstruksi aktif siswa tentang matematika dengan caranya

yang unik karena mereka berinteraksi dengan lingkungannya, melewati proses-proses pengalaman berbeda dan membangun pengetahuan yang telah mereka miliki ”. Hal ini akan mendatangkan suatu cara mengajar yang mengaktifkan siswa membangun pengetahuan matematika secara mandiri.

Keinginan reformasi dalam pembelajaran matematika dan IPA dikemukakan pula oleh Djojonegoro (1995) bahwa ia ingin menantang para dosen (educator) untuk menciptakan suatu pemahaman yang lebih besar bagaimana para mahasiswa belajar sebagai suatu prasyarat untuk memperbaiki metoda pembelajaran matematika dan IPA dan memperbaiki pendidikan guru dalam pelajaran matematika dan IPA ini.

Aktivitas siswa yang demikian hendaknya tidak selalu menggantungkan diri kepada guru, melainkan hendaknya siswa berkemauan keras mencari sendiri dengan catatan bahwa fasilitas, buku pelajaran, sumber matematika, konteks matematika, dan alat-alat yang mendukung proses investigasi dan eksplorasi matematika tersedia atau sekurang-kurangnya diberitahu oleh gurunya bahwa di alam sekitar siswa sebenarnya tersedia konteks matematika berupa alam terbuka, gejala-gejala yang dapat diamati dan diselidiki, serta relasi-relasi yang memungkinkan siswa untuk melihat dan mengkaitkannya, kemudian mencoba untuk membongkar pasang dengan bertanya bagaimana kalau bagian ini diambil, bagaimana kalau sebelah sana angkanya diperbesar apa reaksinya terhadap hasil, dan seterusnya. Pendek kata fasilitas seperti itu tersedia secara memadai untuk siswa belajar. Sehingga matematika memungkinkan untuk dibangun dan dikonstruksi oleh siswa sendiri.

Andaikan hal ini dapat tersedia bagi siswa dalam artian gurunya mampu menyediakan bahan-bahan yang dimaksud tanpa harus mengeluarkan dana tambahan yang berarti, maka tidak tertutup kemungkinan akan ditemukan siswa-siswa cerdas yang siap bersaing dengan teman-teman sebayanya baik secara nasional maupun secara international.

Permasalahannya adalah bagaimana guru, orang tua, ataupun tenaga profesi keguruan lainnya memfasilitasi aktivitas matematika siswa sedemikian sehingga tercipta situasi

yang kondusif untuk terwujudnya “masyarakat sekolah” yang gandrung terhadap matematika.

B. Kecenderungan Pendidikan Matematika Pada Masa Mendatang

Pergeseran pandangan terhadap matematika akhir-akhir ini sudah terjadi hampir di setiap negara. Dari pandangan yang semula matematika dipandang sebagai ilmu pengetahuan ketat dan terstruktur secara rapi ke pandangan bahwa matematika adalah aktivitas kehidupan manusia. Hal ini berpengaruh terhadap cara memperolehnya, yaitu dari penyampaian rumus-rumus, definisi, aturan, hukum, konsep, prosedur dan algoritma, menjadi penyampaian konsep-konsep matematika melalui konteks bermakna dan berguna bagi siswa maupun bagi kehidupan umat manusia pada umumnya.

Hal ini akan mendorong bahwa matematika terkait erat dengan kehidupan sehari-hari, sehingga dengan segera siswa akan mampu menerapkan matematika dalam konteks yang berguna bagi siswa baik dalam dunia kehidupannya ataupun dalam dunia kerja kelak.

Dengan kegiatan seperti ini diharapkan guru mampu membekali siswa dengan matematika yang investigatif dan eksploratif, sehingga siswa mampu menciptakan suatu hipotesis (*conjecture*) dan selanjutnya mencari jawab untuk membuktikan atau mencari bukti untuk *conjecture* yang dibuat siswa melalui kegiatan pengamatan dan penyelidikan (Turmudi, 2008; Turmudi, 2009)

Permasalahan yang mungkin muncul adalah apakah akan tersedia waktu yang cukup bagi siswa untuk melakukan proses penyelidikan matematika seperti itu? Apakah kurikulum akan menyediakan waktu khusus untuk matematika eksploratif, apakah guru akan sabar melakukan kegiatan seperti itu? Apakah siswa akan tekun dan termotivasi? Kalau kita mengacu kepada penilaian autentik, maka matematika yang seperti inilah sebenarnya yang dapat mengukur kemampuan siswa sesungguhnya.

1. Usaha-usaha yang dilakukan di Indonesia

Ketika cara-cara baru dalam pembelajaran matematika diperkenalkan kepada para guru, umumnya guru mengatakan “Tidaklah akan mencukupi waktu yang tersedia apabila digunakan untuk menerapkan pendekatan baru”. Karena target kurikulum dan Ujian Nasional selalu membayang-bayangi guru untuk dapat melaksanakan dan mengujicobakan pendekatan baru dalam pembelajaran matematika.

Untuk berfikir dan bekerja secara matematika perlu pemahaman matematika. Dengan pemahaman ini yang dilakukan melalui pendidikan formal siswa disiapkan untuk menerapkan pengetahuan dan keterampilan matematika yang sesuai, untuk memecahkan masalah baru, dan untuk memahami secara lebih baik situasi yang kurang dikenal sekalipun (baik manusia maupun alam). Penelitian telah memperlihatkan bahwa jika siswa tidak cukup memahami, mereka cenderung menggolong-golongkan pengetahuan mereka dan kemudian mengalami kesulitan ketika mengaitkan masalah-masalah matematika. Lagi pula, jika mereka tidak memahami pengetahuan matematika dan menguasai ketrampilan matematika maka mereka akan mengalami permasalahan untuk mengaitkan matematika dengan kehidupan sehari-hari. Keduanya, laporan dari Cockcroft (1982) dan laporan dari NCTM(1991, 2000) menekankan kepada perlunya guru matematika menyediakan kesempatan strategik untuk para siswa mendapatkan pemahaman dan makna matematika. Agar hal ini dapat terjadi, maka harus ada perubahan dalam pembelajaran matematika akhir-akhir ini (lihat misalnya, Wood & Turner-Vorbeck, 2001; Cobb, Yackel & Wood, 1992). Untuk memberikan jawaban terhadap laporan ini para peneliti pendidikan matematika mempertanyakan gagasan tradisional dan praktik pembelajaran matematika dan berupaya mengubah menjadi pendekatan pemecahan masalah di mana siswa tidak hanya belajar kemampuan dasar, melainkan juga pengembangan berfikir tingkat tinggi. Memandang bahwa matematika bukanlah hal yang statis namun merupakan lapangan kemanusiaan yang secara terus menerus

tumbuh dan berkembang, karenanya siswa dikehendaki mengkonstruksi pengetahuan mereka sendiri (Hersch, 1997). Kemudian pembelajaran tidak lagi dipandang sebagai pengisian otak siswa seperti “wadah yang kosong” yang siap diisi, melainkan dengan cara menginternalisasikan, mereproduksi pengetahuan matematika, serta menerapkannya secara benar. Namun kita hendaknya menyertakan pembelajaran matematika menggunakan konteks di mana siswa didorong untuk pindah dari pemahaman matematika menggunakan intuitifnya ke matematika yang menghasilkan tingkat pemahaman matematika yang lebih mendalam (Skemp, 1971). Pada masa lalu penelitian tentang belajar dan pembelajaran matematika cenderung memanfaatkan aspek psikologis, dan menghendaki agar guru memahami proses dan menggunakan proses mental itu untuk memfasilitasi proses belajar mengajar. Namun akhir-akhir ini para peneliti pendidikan matematika (misalkan, Carraher et al., 1985; Lave, 1988; Wood & Turner-Vorbeck, 2001; and Bauersfeld, 1988) menjadi banyak melibatkan aspek-aspek sosialisasi dalam dalam belajar dan pembelajaran matematika.

Untuk memahami pertimbangan ini sebagai strategi pembelajaran yang efektif, kita harus memandang dalam kaitannya dengan aktivitas siswa sebagai bentuk dari interaksi sosial, meneliti bangunan dan struktur matematika yang dipelajari di kelas, yaitu menggunakan pendekatan pembelajaran konstruktivis yang merupakan aspek berbeda dari belajar dan pembelajaran matematika di mana belajar berlangsung.

Namun tidak semuanya menyambut gembira dengan pembelajaran matematika yang berorientasi pada pembaharuan sebagaimana dapat dilihat dalam kepedulian yang dinyatakan oleh Van Dooren, Verschaffel, & Onghena (2003) untuk melihat hubungan dalam pengembangan pendidikan matematika sebagaimana diterima suatu prinsip bahwa hendaknya murid belajar dengan mengkonstruksi konsep-konsep matematika dan prosedur yang bermula dari strategi dan pengetahuan prasyarat yang ada pada siswa.

Kline dan Milgram (1999) menentang pandangan itu dan mendorong siswa untuk menemukan penyelesaian dan algoritma sendiri, mereka menekankan penggunaan

algoritma tradisional yang akhirnya menurut mereka akan mengurangi keterampilan dasar. Mereka mencatat bahwa penggunaan kerja kelompok dan pendekatan pembelajaran dengan penemuan sebagai pengganti pembelajaran langsung sekurang-kurangnya telah meningkatkan kepedulian dan perhatian bahwa dalam situasi seperti ini ternyata para guru tidak mengajar, atau hanya beberapa siswa saja yang belajar matematika.

Hal serupa dikatakan bahwa meskipun sudah hampir 20 tahun sejak diterbitkannya *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (NCTM 1989) di mana NCTM bertindak sebagai pemercepat reformasi pendidikan matematika, ternyata “...perubahan itu sangat lambat sekali” (Lachance & Confrey, 2003, p. 109). Karenanya sangatlah relevan untuk menggali persepsi guru tentang inovasi dalam proses pembelajaran matematika.

Misalkan salah satu pembaharuan dalam pembelajaran matematika adalah diperkenalkannya *Realistic Mathematics Education* (RME) yang merupakan reaksi terhadap pendekatan pembelajaran tradisional yang umumnya dikenal sebagai *mechanistic, structuralistic, and empiristic* (Treffers, 1991). Treffers menyatakan bahwa gerakan ‘*modern mathematics*’ didasarkan kepada teori himpunan sebagai bagian dari paradigm strukturalis. Di sisi lain, RME bukan ‘*modern mathematics*’. RME ini menekankan pada kegiatan matematika sehari-hari dan matematika hendaknya dikaitkan dengan kenyataan, dekat dengan pengalaman siswa, dan relevan dengan masyarakat (Van den Heuvel-Panhuizen, 2000; Gravemeijer, 1994b; Streeflands, 1991). Pendekatan pembelajaran yang berbasis RME relevan dengan pernyataan Kilpatrick (1996) dalam pengantar bagian I buku *International Handbook of Mathematics Education*, bahwa dalam era ‘matematika baru’ membawa banyak negara berusaha keras untuk menarik siswa mempelajari matematika dengan penekanan pada struktur abstrak, harapannya bahwa siswa akan lebih memahami dan lebih menghargai matematika jika para siswa dapat melihat kesederhanaan dan elegan dari hukum-hukum matematika dan siswa akan memahami strukturnya, kemudian

akan meraka akan menggunakannya dalam dunia kerja, kenyataannya tidak demikian dan ternyata tidak bisa diantisipasi. Beberapa tahun yang silam sekurang-kurangnya pada tingkat silabus dan buku teks bahwa kurikulum telah berubah, 'mengesampingkan' struktur abstrak dan memilih aplikasi realistik, dengan cara-cara bagaimana matematika diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan dalam kehidupan profesional.

Pendekatan ini konsisten dengan gerakan umum yang mengindikasikan menjauh dari 'penekanan pada struktur abstrak' suatu gerakan yang memegang prinsip bahwa matematika tidak lagi dipandang sebagai *a body of pure and abstract knowledge* yang ada dalam benak manusia dan dalam dunia objektif (Ernest, 2004).

Menurut Romberg dan Kaput (1999), matematika sekolah hendaknya dipandang sebagai aktivitas kehidupan manusia yang mencerminkan kerja para ahli matematika, mencari alasan mengapa teknik-teknik tertentu berlaku, menemukan teknik-teknik baru, menjustifikasi suatu pernyataan, dan sebagainya. Juga hendaknya terrefleksi bagaimana pengguna matematika melakukan investigasi terhadap persoalan matematika, menetapkan suatu variabel, menetapkan cara-cara untuk mengkuantifikasi dan menghubungkan variabel-variabel, melakukan perhitungan, membuat prediksi, dan memverifikasi penggunaan prediksi tersebut. Pandangan ini mempengaruhi cara guru mengajarkan matematika dan siswa belajar matematika.

Secara umum reformasi pendidikan matematika bertujuan menggantikan '*teaching by telling*' oleh *students 'constructing' or 'inventing'*, menggantikan dari "apa yang guru lakukan" ke apa yang "siswa lakukan" (Gravemeijer, 2000a). Untuk dapat melakukan hal ini maka pembelajaran matematika hendaknya memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan matematika dengan mengerjakannya, siswa mulai belajar matematika dengan konteks, dari pada hanya menggunakan rumus-rumus yang abstrak. Sebagaimana Van den Heuvel-Panhuizen (1996) berargumentasi, "Dari pada memulai dengan definisi dan abstraksi tertentu yang akan

diterapkan kemudian dalam belajar matematika seseorang hendaknya memulai dengan konteks yang kaya dengan organisasi dan struktur matematika” (h.12).

Pembelajaran berbasis RME adalah reformasi kurikulum pembelajaran matematika yang bermaksud memberdayakan siswa untuk aktif dalam proses penemuan konsep-konsep dan prinsip-prinsip matematika. Kata-kata yang kritis dalam hal ini adalah “secara aktif” dan salah satu prinsip dalam RME adalah ‘interactivity’ (Gravemeijer, 1994a; Treffers, 1991). Freudenthal (1991) menyarankan siswa hendaknya diberi kesempatan untuk mengalami proses serupa bagaimana matematika ditemukan oleh para ahli. Menurut prinsip RME awal mula siswa belajar matematika hendaknya mereka (para siswa) mengalaminya secara real sedemikian sehingga mereka dapat dengan segera terlibat dalam aktivitas matematika yang bermakna (Gravemeijer, 1990, Streeflands, 1990). Hal serupa dikemukakan oleh Thompson (1992, yang dikutip de Lange, 1996, h. 60), ia menulisnya dari sudut pandang konstruktivisme

Jika siswa secara imajinatif tidak terlibat dalam penalaran matematika dan prinsip-prinsip pengalamannya, maka hanya sedikit dapat dipercaya bahwa mereka dapat melihat matematika di luar sekolah

Pengalaman negara lain menggunakan pendekatan RME dialami guru-guru dalam *MiC Project* dijelaskan oleh Romberg dan Shafer (2003) bahwa semua guru dalam penelitian *MiC project* itu dikejutkan oleh apa yang siswa mereka dapat lakukan. Kadang-kadang siswa yang sehari-harinya dipandang sebagai siswa yang lemah dalam matematika atau kadang selalu diam dalam pembelajaran matematika ternyata dapat menyajikan pemahaman mereka dan ternyata mereka sukses dalam matematika. Lebih jauh lagi Romberg and Shafer (2003) menemukan dalam proses penelitian ini pertama ditemukan bahwa matematika ini benar-benar berhasil karena siswa yang lemah mengerjakan matematika secara baik sekali ... ini merupakan suatu alat yang bagus untuk membuka komunikasi antar siswa dalam matematika.

Pengalaman lebih jauh penggunaan MiC di Amerika memperlihatkan bahwa pendekatan RME efektif dalam memperbaiki pembelajaran matematika. Misalkan di Florida dari 111 guru yang menggunakan kurikulum MiC menemukan bahwa prestasi siswa secara signifikan meningkat dari 1994 sampai 1995 dalam tes matematika menggunakan Stanford Achievement Test (SAT). Di California, para siswa dalam kelas MiC memperoleh skor tertinggi dalam ujian yang diselenggarakan distrik saat ujian eksternal yang diberikan di akhir tahun. Satahun kemudian penampilan mereka dalam ujian ini mencapai rata-rata (MiC, 1997a). Di IOWA siswa dari MiC diuji menggunakan *Iowa Tests of Educational Development*. Hasilnya 25% siswa skornya ada pada posisi posisi punca secara nasiolan 1%, kemudian 47% skor ada pada persentil 90% ke atas, kemudian 90% siswa yang mengikuti ujian akhir ini berada di atas median skor nasional.

Koordinator distrik berkomentar “Akhirnya kami melihat prestasi tinggi untuk semua siswa” (MiC, 1997a, p.33). Di Puerto Rico, siswa yang menggunakan kurikulum MiC skornya pada dan diatas persentil ke 90 pada tes standard yang diberikan kepada semua siswa di negeri itu (MiC, 1997a, h.33).

Salah seorang guru matematika di sebuah SMP di kota Bandung yang pernah ikut serta dalam kegiatan penelitian pendidikan matematika berbasis RME mengatakan, “ Saya baru melihat pembelajaran matematika dengan pendekatan seperti ini, bahwa anak yang biasanya pasif bahkan seringkali mendapatkan skor rendah dalam matematika ternyata ia dapat berargumentasi secara baik dan dapat mengemukakan gagasan matematika secara benar” (RK dalam Turmudi & Sabandar, 2002).

Dalam penelitiannya juga Turmudi (2006) menemukan bahwa pada umumnya guru-guru di Bandung menyukai pendekatan ini, sebagaimana dikemukakan oleh salah seorang guru model dalam penelitian ini:

Saya merasa yakin bahwa RME akan menjadikan siswa lebih tertarik kepada matematika, saya dapat melihat rasa antusiasme mereka. Siswa menjadi berani mengemukakan gagasan matematika di depan siswa lain, yang saya piker ini belum

pernah terjadi sebelumnya. Sebagai guru saya dapat melihat perubahan tingkah laku mereka. Namun ada hal yang paling penting bahwa mereka hendaknya diberi kesempatan untuk bertukar gagasan diantara mereka (SS, dalam Turmudi, 2006).

Saya pikir pendekatan baru ini sangat bagus untuk diterapkan dalam pembelajaran matematika. Saya dapat menyaksikan bagaimana mereka dapat memecahkan masalah matematika yang tak jauh dari kehidupan mereka. Pendekatan ini melatih siswa untuk menjadi pemikir yang kritis, siswa dapat menyatakan gagasannya dan mereka mengubah kebiasaan untuk mau mendengarkan gagasan orang lain (IR, dalam Turmudi, 2006).

Komentar guru-guru di Indonesia nampaknya sejalan dengan komentar-komentar guru di Amerika berkenaan dengan penerapan pembelajaran matematika berbasis realistik.

Pembelajaran matematika yang serupa dengan pendekatan Realistik adalah pembelajaran matematika dengan pendekatan open-ended, pendekatan kontekstual, dan pendekatan-pendekatan pembelajaran yang umumnya mengaktifkan siswa untuk membuat semacam

Dari hasil studi TIMMS-R (1998) memosisikan anak-anak kita dalam ranking ke 34 dari 38 peserta dalam tes matematika. Hal ini mengejutkan para pengambil kebijakan sehingga mendorong mereka untuk memperbaiki kualitas pembelajaran matematika misalkan dengan cara memperbaiki strategi pembelajaran matematika dan sains dalam project IMSTEPS dari JICA (Susilo, 2000), mengenalkan projek PMRI (Sembiring, 2003), Kurikulum sekolah (Departemen Pendidikan Nasional, 2004), dan memperbaiki kualitas pembelajaran matematika melalui berbagai macam pengembangan profesi guru.

Reformasi pendidikan dari pendekatan tradisional ke pendekatan yang berpusat pada siswa sangatlah lambat dan memerlukan pengembangan profesi guru untuk membantu mereka menerapkan kurikulum matematika yang inovatif di dalam kelasnya.

Meskipun pengembangan profesi ini penting, namun kadang-kadang guru yang telah mengikuti kegiatan pelatihan atau *workshop* enggan untuk menerapkan hasilnya di dalam kelas. Sebagaimana dikemukakan oleh Coribima (1999) tidak semua hasil dalam pengembangan profesi guru atau inovasi pendidikan diterapkan sebagai aktivitas rutin yang dilakukan guru kemudian ... Hasil-hasil dari pengembangan profesi atau inovasi kebanyakan dikomunikasikan untuk menjawab kuisioner, wawancara ataupun survey” (p.77).

Hal ini memperlihatkan bahwa sebuah inovasi melalui pengembangan profesi (seminar, training, workshop) menghadapi permasalahan sustainability (kelanjutan) program. Inilah yang merupakan tantangan dan hambatan dalam berinovasi bidang pendidikan matematika.

2. Lesson Study sebagai Wadah untuk Berinovasi

Setelah sejumlah dosen dari Indonesia dikirim ke negeri Sakura untuk mempelajari bagaimana pembelajaran matematika dan sains terjadi di kelas-kelas Jepang, umumnya para dosen ini menghendaki agar *kenkyu* (Lesson Study) ini diterapkan untuk konteks Indonesia. Turmudi (2003) misalkan menyarankan untuk diterapkannya lesson study, yaitu suatu pengembangan profesi guru, dalam konteks Indonesia. Tidak lama dari itu, mulai tahun yang sama dilakukan piloting di beberapa sekolah di Bandung. Hasilnya memperlihatkan bahwa Lesson Study perlu diperluas untuk daerah-daerah lain. Sumedang merupakan daerah yang pertama kali meminta kerjasama dengan UPI menyelenggarakan Lesson Study. Sehingga mulai tahun ajaran 2004 sejumlah dosen secara bergiliran ditugasi untuk melatih guru-guru bagaimana melaksanakan lesson study di SMP Sumedang.

Setelah berjalan lebih dari 3 tahun, ada hal yang mestinya ditingkatkan kemampuan dosen dalam membina guru-guru dan kemampuan guru-guru dalam mengajar dengan pendekatan-pendekatan baru dalam pembelajaran matematika dan sains. Lesson study bukanlah cooperative learning, lesson study juga bukan pendekatan mengajar,

melainkan suatu wadah pengembangan profesi guru untuk dapat mengajar matematika secara lebih efektif dan meningkat kualitasnya.

Melalui lesson study berbagai metoda-metoda pembelajaran matematika dapat diimplementasikan, berbagai macam model dan pendekatan pembelajaran matematika dapat diterapkan. Sehingga melalui kegiatan LS ini dimungkinkan untuk ditemukannya cara mengajar yang lebih efektif dibandingkan dengan strategi-strategi pembelajaran sebelumnya.

3. Beberapa Contoh Pembelajaran Matematika

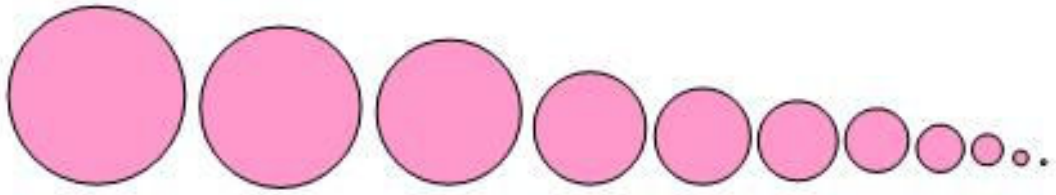
Ketika seorang siswa diminta untuk mengamati bagaimana proses menyublimnya kapur barus, secara matematis siswa diminta untuk melakukan pengamatan terhadap diameter dari kapur barus yang berbentuk bulat menyerupai bola. Siswa mengukur panjang diameter kapur barus setiap pagi pukul 6.30 untuk selama 30 hari, misalkan ukuran diameter kapur barus dinyatakan dengan milimeter. Sehingga siswa akan memiliki data yang dapat disajikan pada tabel berikut ini.

Hari	1	2	3	4	5	6	7	...	30
Diameter									

Sebelum siswa melakukan pengamatan, mereka membuat dugaan terlebih dahulu yang biasanya dinamakan sebagai konjektur. Beberapa contoh konjektur yang dibuat oleh siswa adalah sebagai berikut:

1. Menurutku kapur barus ini akan habis (lenyap) tak akan sampai berumur 30 hari
2. Kapur barus akan menjadi separuhnya setelah 12 hari
3. Diameter kapur barus ini berkurang secara tetap sebanyak 1 mm

Untuk membuktikan kebenaran dari hipotesis (atau konjektur) yang mereka buat, siswa mengumpulkan data observasi yang mungkin dapat dilakukan selama satu bulan atau selama kapur barus itu masih ada.



Gambar 2: Proses mengecilnya Kapur Barus berdasarkan pengamatan

Data tersebut akan digunakan untuk menjawab atau membandingkan dengan konjektur yang dibuat siswa. Jika kapur barus itu ternyata menyublim dan habis pada hari ke 24 artinya konjektur yang dibuat siswa benar, namun apabila ternyata setelah 36 hari baru semua kapur barus itu habis, maka konjektur dimaksudkan salah.

Dari data yang ada siswa dapat mencari laju perubahan volume kapur barus bola dari

- (a) hari pertama sampai hari kesepuluh
- (b) hari kedua sampai hari ke-10
- (c) hari kelima sampai hari ke-10
- (d) hari ke-8 sampai hari ke-10
- (e) hari ke-9 sampai hari ke-10
- (f) laju perubahan sesaat pada hari ke-10

Disamping laju perubahan volume siswa juga dapat melakukan perhitungan laju perubahan luas permukaan bola:

- (a) hari pertama sampai hari kesepuluh
- (b) hari kedua sampai hari ke-10
- (c) hari kelima sampai hari ke-10
- (d) hari ke-8 sampai hari ke-10
- (e) hari ke-9 sampai hari ke-10
- (f) laju perubahan sesaat pada hari ke-10

Misalkan data hasil pengukuran yang dilakukan oleh seorang siswa diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Hari	0	1	2	3	4	5	6	7	...	3
Diamete	80m	78m	75m	71m	66m	60m	53m	45m

Siswa diminta untuk menentukan berapa laju perubahan volume dari hari ke-2 sampai hari ke-4. Namun siswa perlu mengetahui makna daripada *laju perubahan volume*. Laju perubahan volume adalah rata-rata perubahan volume bola kapur barus selama satu satuan waktu tertentu.

$$V(4) - V(2)$$

Laju Perubahan Volume: -----

$$4 - 2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume saat hari keempat adalah } V(R) &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi (71/2)^3 \\ &= 187306,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume saat hari ke-dua adalah } V(R) &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi (78/2)^3 \\ &= 248348,88 \end{aligned}$$

$$\frac{4}{3} \pi (71/2)^3 - \frac{4}{3} \pi (78/2)^3$$

Laju Perubahan Volume: ----- = - 30521,06

$$4 - 2$$

Artinya dari hari kedua sampai hari keempat dalam satu hari rata-rata volumenya berkurang sebanyak 30521,06 mm³. Apakah anda dapat menentukan berapa kecepatan berkurangnya volume kapur barus tepat pada hari ke-7? Untuk dapat menentukan ini barangkali siswa perlu mengetahui konsep turunan suatu fungsi di suatu titik.

Di samping pengamatan dari segi panjang diameter bola, siswa juga mengamati bola-bola kapur barus itu dari segi beratnya, sehingga siswa harus menyediakan timbangan yang akurat sampai ukuran gram.

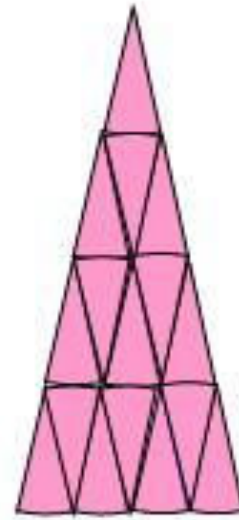
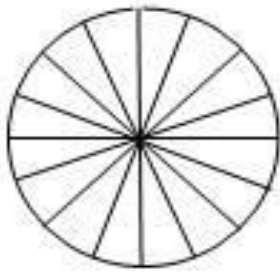
Hari	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	30
Berat	600				300				150gr		

Kepada siswa diminta untuk menyelidiki berapa waktu paruh (half-life) dari kapur barus berbentuk bola tersebut? Jika memungkinkan bagaimanakah rumusan hubungan antara massa (berat) benda dalam gram dengan waktu dalam hari. Dan bagaimanakan hubungan atau grafik antara kedua variabel tersebut.

Pemodelan seperti di atas sebenarnya merupakan awal siswa mengenal konsep-konsep ukuran (panjang, luas, volume dan waktu), mengenal hubungan fungsional (antara waktu dengan panjang diameter, antara waktu dengan luas bola, antara waktu dengan volume bola, ataupun antara waktu dengan berat benda yang tersisa), menggambar grafik hubungan-hubungan di atas, membuat semacam konjektur (dugaan) sebelum melakukan pengamatan, dan membuktikan kebenaran-kebenaran dari hubungan itu secara formal, serta membuat generalisasi dan/atau abstraksi matematika.

4. Penemuan Luas Lingkaran Menggunakan Konsep Luas Segitiga

Siapa yang menduga sebelumnya kalau siswa kelas II SMP di Lembang dapat menemukan luas daerah lingkaran dengan pendekatan segitiga. Itu terjadi karena pemberian kesempatan yang luas kepada siswa untuk melakukan eksplorasi dan pengamatan secara seksama untuk dapat membentuk sektor-sektor lingkaran menjadi bentuk-bentuk bangun geometri lainnya. Hasilnya sungguh mengagumkan bahwa ternyata siswa dapat mengubah sektor-sektor lingkaran menjadi sebuah bangun “seperti segitiga”. Bangun seperti segitiga ini kalau dihitung luasnya ternyata adalah πR^2 , karena segitiga itu memiliki alas $\frac{1}{4} K$ sedangkan tingginya adalah $4R$



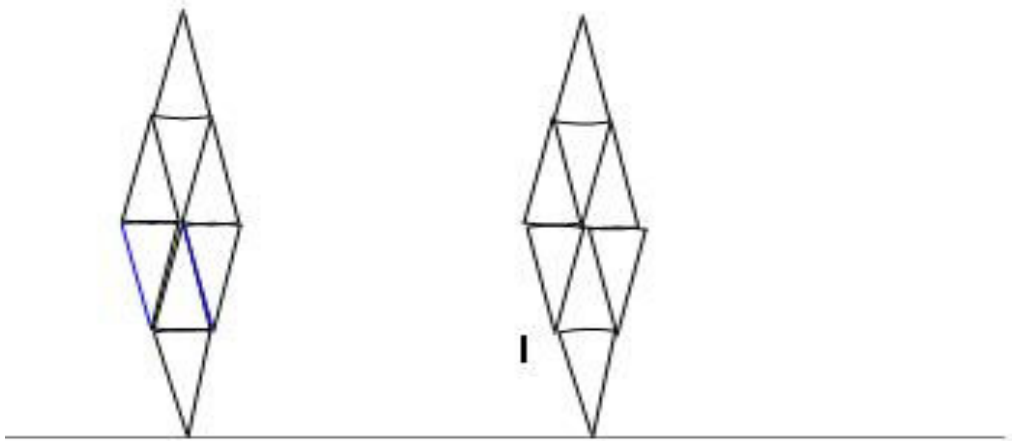
Gambar 3: Bentuk seperti segitiga

Sebenarnya siswa masih dapat membentuk bangun-bangun lain yang mungkin dan tetap siswa dapat memperlihatkan bahwa luasnya adalah πR^2 menjadi bentuk-bentuk:



Gambar 4: Model Jajargenjang

Gambar 5: Model Trapesium



Gambar 6: Model 2-belahketupat

Gambar 7: Model Jajargenjang lain

Dan masih banyak lagi bentuk-bentuk geometri yang dapat siswa buat.

4. Refleksi

Untuk mengetahui bagaimana sepak terjang dan nasib dari proyek-proyek inovatif dalam pembelajaran matematika (dan bidang lainnya), pada bagian ini akan dikemukakan refleksi terhadap beberapa model pengembangan pembelajaran matematika melalui model CBSA, JICA-INSTEPS-Project, Lesson Study, dan PMRI. Di bawah kondisi yang ideal ternyata pembaharuan pendidikan dalam proyek SPP/CBSA cukup efektif mengubah bagaimana cara mengajar bidang studi (matematika, IPA, IPS, dan bahasa) (Aaron, 1989) namun ketika pendekatan ini didiseminasikan dalam konteks yang lebih luas lagi ternyata kurang berhasil (Rakajoni & Semiawan, 1993).

Kemudian proyek JICA-IMSTEP merupakan proyek jangka panjang yang diterapkan pada skala yang lebih luas untuk Indonesia. Universitas yang terlibat dalam kegiatan ini

menurut Shimozawa (1995) dikatakan sebagai “Growth-Centered”. Proyek ini berfokus pada perbaikan strategi belajar mengajar di tingkat LPTK. Proyek ini berlangsung mula-mula di Bandung (UPI), Yogyakarta (UNY) dan di Malang (UM). Kebanyakan aktivitas dalam proyek JICA-IMSTEP sejak 2003-2006 adalah piloting tentang pelaksanaan Lesson Study (Lewis, 2000), mengujicobakan strategi pembelajaran matematika dan sains di SMP dan SMA. Hasilnya menunjukkan bahwa guru-guru yang terlibat dalam kegiatan ini kesadaran akan pentingnya pendekatan baru meningkat menjadi lebih baik, hal ini memang menjanjikan dan perlu ketekunan untuk memantau dan mengawal pelaksanaan proyek JICA yang disambung dengan kegiatan-kegiatan Lesson Study sebagaimana telah diungkapkan pada bagian terdahulu.

Proyek Pendidikan Matematika Realistik Indonesia diperkenalkan sejak tahun 2002. Kegiatan ini berurusan dengan inovasi pembelajaran matematika di sekolah dasar berdasarkan pada perspektif *realistic mathematics education* (RME). Pada mulanya hanya dilaksanakan di tiga tempat Bandung, Yogyakarta, dan Surabaya (PMRI, 2002). Namun sekarang sudah menyebar lebih luas lagi, dari Unsyiah di Banda Aceh, di Medan, di Padang, Palembang, UNJ Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang, Surabaya, Malang, dan Banjarmasin. Hasilnya memperlihatkan bahwa sekurang-kurangnya pembelajaran ini secara positif diterima siswa dan guru. Hal ini meningkatkan percaya diri guru untuk mengajar matematika, dan mengembangkan sikap demokratis siswa. Pembelajarannya menjadi berpusat pada siswa dan guru menjadi pemandu dan pembantu yang baik, lebih menyaari akan manajemen kelas, bekerjasama, proses pembelajaran, dan pandangan-pandangan konstruktivis. Hasil-hasil awal ini cukup menjanjikan (Zulkardi, 2003, Furqon, 2004).

Studi-studi kecil tentang diterapkannya pembelajaran RME memang memperlihatkan hasil yang cukup signifikan. Data observasi dan wawancara dengan siswa mengindikasikan kecenderungan sikap positif siswa terhadap matematika. Hasil penelitian yang lebih luas memperlihatkan bahwa RME ini meningkatkan pemahaman matematika siswa dan sikap positif terhadap matematika (Turmudi, 2006).

C. Kesimpulan

Dengan tulisan singkat ini kiranya pembaca dapat merasakan bagaimana sepak terjang proses pembaharuan dalam bidang matematika. Pemberian kesempatan yang lebih

luas kepada siswa ternyata merupakan kunci utama sehingga siswa mampu dan mau mengemukakan gagasan matematika dan ternyata memungkinkan siswa untuk menemukan sesuatu yang sama sekali baru.

Untuk dekade mendatang, kiranya matematika dapat disajikan kepada siswa melalui konteks sehingga siswa dapat menemukan pola-pola dan keteraturan matematika. Ketika siswa dapat menelisik konsep-konsep matematika dari konteks keseharian, kemudian merumuskan semacam dugaan (konjektur) dan pengumpulan data melalui survey atau penelitian secara seksama, akhirnya siswa dapat menemukan pola-pola dan keteraturan matematika yang dapat dirumuskan dalam pemodelan matematika.

Dengan kata lain kalau kita selalu memberikan kesempatan kepada siswa untuk berkreasi niscaya siswa akan dapat menemukannya, sehingga pada gilirannya kelak pembelajaran matematika bukan lagi bersifat 'menyuapi' siswa, melainkan siswa sendiri yang akan 'mengkonstruksi' pengetahuan matematika.

Kepustakaan

- Aarons, A. (1989). In pursuit of quality: Plans, policies, and research towards qualitative improvements in primary school in Indonesia. In *Education Research and Perspective*, 16 (1), 106-115.
- Australian Education Council. (1991). *A national statement on mathematics for Australian schools*. Melbourne: Curriculum Corporation.
- Bauersfeld, H. (1988). Interaction, construction, and knowledge: Alternative perspectives for mathematics education. In T. Cooney & D. Grouws (Eds.), *Effective mathematics teaching*, pp. 27-46. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics and Lawrence Erlbaum Associates.
- Becker, J.P., & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston: NCTM.
- Bransford, Brown, & Cocking. (1999).
- Brown, C.A., Carpenter, T.P., Kouba, V.L., Lindquist, M.M., Silver, E.A. & Swafford, J.O. (1988). Secondary school results for the fourth NAEP mathematics assessment: Algebra, geometry, mathematical methods, and attitudes. *Mathematics Teacher*, 81(5), 337-351.
- Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1985). Mathematics in the streets and schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- Clarke, B., Clarke, D., & Sullivan, P. (1996). The mathematics teachers and curriculum development. In A.J. Bishop et al. (Eds.), *International handbook of mathematics education*, 2 (1207-1234). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academics Publishers.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. (1992). A constructivist alternative to the representational views of mind in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23 (1), 2-33.
- Cockcroft, W.H. (1982). *Mathematics counts: Report of the commission of inquiry into the teaching of mathematics in schools*, Her Majesty's Stationary Office, UK.
- Collins (1988). *Framework of mathematics P-10*. Melbourne: Ministry of Education of Victoria, Australia.
- Coribima, D. (1999). Proses dan hasil pembelajaran MIPA di SD, SLTP, dan SMU: Perkembangan penalaran siswa tidak dikelola secara terencana (Studi kasus di Malang, Yogyakarta, dan Bandung). In I. Rohman, H. Imansyah, and W. Sopandi, *Seminar on quality improvement of mathematics and science education in Indonesia* (pp. 73-84). Bandung August 11, 1999, Bandung: JICA-IMSTEP-Bandung Institute of Teaching and Educational Sciences.
- Corte, Verschaffel, & Green (1994). Learning and instruction of mathematics. In T. Husen & T.N. Postlethwaite (Eds.), *In International Encyclopaedia of Education (2nd ed)*, (pp. 3653-3655). Stockholm & Hamburg: Pergamon.

- Crawford, K., & Adler, J. (1996). Teachers as researchers in mathematics education. In A.J. Bishop et al. (Eds.), *International handbook of mathematics education. 2*, 1187-1206. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academics Publishers.
- De Lange, J. (1987). *Mathematics insight and meaning*. Utrecht, the Netherlands: OW & OC (Research group on Mathematics Education and Educational Computer Center), Dissertation.
- De Lange, J. (1996). Using and applying mathematics in education. In A.J. Bishop et al. (eds.). *International Handbook of Mathematics Education. 1* (49-97). The Netherlands: Kluwer Academics Publishers.
- De Lange. (2000). *No change without problems*. CD-Rom of the RME materials, produced for the ICME9 Congress in Japan, July 2000.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. (1994). *Kurikulum sekolah lanjutan tingkat pertama: Garis-garis besar program pengajaran matematika*. Jakarta.
- Departemen Pendidikan Nasional. (1998). *Hasil pelaksanaan wajib belajar*. Website Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. <http://www.dikdasmn.org/info2-focus/htm>.
- Djojonegoro, W. (1995). Opening remark: Minister of Education and Culture Republic of Indonesia at the International seminar on science and mathematics education. In the *Proceeding of International Seminar on Science and Mathematics Education (Comparative Study between Indonesia and Japan) Jakarta and Bandung* (pp.32-39). July, 3-7: JICA-IKIP Bandung.
- Ernest, P. (2004). Image of mathematics, values and gender. In B. Allen & S. Johnston-Wilder, *Mathematics education exploring the culture of learning* (pp. 11-25). London: Routledge Falmer.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China Lectures*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Furqon. (2004). Laporan monitoring dan evaluasi PMRI. *Buletin PMRI* (6th ed.), February, 2005). Bandung: <http://www.pMRI.or.id>.
- Gravemeijer, K. (1990). Context problems and realistic mathematics instruction. In K. Gravemeijer, M van den Heuvel-Panhuizen & L. Streeflands (Eds.), *Context free production, tests, and geometry in realistic mathematics education* (pp.10-32). Utrecht, the Netherlands: OW & OC (Research group on Mathematics Education and Educational Computer Center).
- Gravemeijer, K.P.E (1994b). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht, The Netherlands: CD-β Press, Freudenthal Institute.
- Gravemeijer, K.P.E (2000a). *Developmental research: Fostering a dialectic relation between theory and practice*. CD-Rom of the RME materials, produced for the ICME9 Congress in Japan, July 2000.
- Gravemeijer, K.P.E. (1994a). Educational development and developmental research in mathematics education. *Journal for research in mathematics education*, 25 (5), 443-471.
- Heaton, R., & Lampert, M. (1993). Learning to hear voices: Inventing a new pedagogy of teacher education. In McLaughlin, J. Talbert, & D. Cohens (Eds.), *Teaching for understanding: Challenges, practice and policy*. NY: Jossey-Bass.
- Hersch, R. (1997). *What is mathematics, really?* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hinduan, A., Hidayat, M., & Firman, H. (1995). Overview of Indonesian education. In the *Proceeding of International Seminar on Science and Mathematics Education (Comparative Study between Indonesia and Japan) Jakarta and Bandung* (pp.55-68). July, 3-7: JICA-IKIP Bandung.
- Joni, R. (1993). *Wawasan ke-PGSD-an: Permasalahan pengelolaan dan teknis akademik*. Jakarta: Departement Pendidikan dan Kebudayaan DIKTI.
- Kilpatrick, J. (1996). Introduction to Section I. In A. J. Bishop et al. (Eds.), *International handbook of mathematics education* (pp.7-9). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academics Publishers.
- Kline, D., & Milgram, R.J. (1999, September, 17). L.A's math just doesn't add up. *Los Angeles Times*, p.B7.
- Koseki, K. (1999). Mathematics education in Japan. In I. Rahman, H. Imansyah, & W. Sopandi (Eds.), *Proceeding of seminar on quality imrovement of mathematics and science education in Indonesia, Bandung, August 11, 1999* (pp 39-46). Bandung: Institute of Teaching and Education Sciences (IKIP).
- Lachance, A., & Confrey, J. (2003). Interconnecting content and community: A qualitative study of secondary mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6 (107-137).
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leder, G. (1992). Mathematics and gender: Changing perspective. In D.A.Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.597– 622). New York: Macmillan Publishing Company.
- Leder, G.C., & Forgasz, H.J. (1992). Perspective on learning, teaching and assessment. In G.C. Leder (Ed.), *Assessment and learning of mathematics*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Lewis, C. (2000, April 2000). *Lesson study: The core of Japanese professional development*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- Mathematic in Context. [c.1997a]. *Teacher resources and implementation guide*. Britannica Encyclopaedia Educational Corporation.
- Mathematics in Context. [c.1997b]. *Comparing quantities*. Britannica Encyclopaedia Educational Corporation.
- Mathematics in Context. [c.1997c]. *Tracking graphs*. Britannica Encyclopaedia Educational Corporation.
- Mathematics in Context' [c.1997d]. *Building formulas*. Britannica Encyclopaedia Educational Corporation.

- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: USA.
- Romberg, T.A & Kaput, J.J. (1999). Mathematics worth teaching, mathematics worth understanding. In Elizabeth Fennema & Thomas A. Romberg (Eds.), *Mathematics classroom that promote understanding*, (pp.3-17). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Romberg, T.A. (1992). Perspective on scholarship and Research Methods. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics*, (pp. 59-64). New York: Macmillan Publishing Company.
- Sabandar, J. & Turmudi (2001). *Desain dan implementasi pembelajaran matematika dengan pendekatan realistik di SLTP Kota Bandung*. Laporan Hasil Penelitian. Jurdikmat, FPMIPA, UPI: Tidak dipublikasikan
- Sembiring. (2003). *Mini symposia*. Bandung: Institute Teknologi Bandung.
- Semiawan, C. & Joni, R. (1993). *Pendekatan pembelajaran, acuan conceptual pengelola-an kegiatan belajar mengajar di sekolah*. Jakarta: Konsorsium Ilmu Pendidikan Dirjen Dikti, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Senk, S.L., & Thompson, D.R. (2003). School mathematics curricula: recommendations and issues. In S. L. Senk & D. R. Thompson (Eds.), *Standard-based school mathematics curricula: What are they? And what do students learn* (pp.3-27). Lawrence Erlbaum Associated: New Jersey.
- Shimozawa, (1995). *Perlu perubahan cara mengajar: MIPA dimusuhi banyak siswa*. Pikiran Rakyat, July 10, 1995.
- Silver, E. A. (1989). *Teaching and assessing mathematical problem solving: Toward a research agenda*. In R.I. Charles & E.A. Silver (Eds.), *The teaching and assessing mathematical problem solving* (pp. 273-282). Research Agenda for Mathematics Education, Reston, VA: NCTM.
- Stevenson, H.W. & Nerison-Low, R. (2002). To sum it up: Case studies of education in Germany, Japan and the United States. Washington D.C: Office of Educational Research and Improvement, Department of Education.
- Stigler, J.W. & Stevenson, H.W. (1991). How Asian teachers polish each lesson to perfection. *American Educator: The Professional Journal of the American Federation of Teachers*, 15(1), 12–20, 43–47.
- Streeflands, L. (1990). Free production in teaching and learning mathematics. In K. Gravemeijer, M. V.D. Heuvel-Panhuizen & L. Streeflands (Eds.), *Context free production, tests, and geometry in realistic mathematics education*. Utrecht, the Netherlands: OW & OC (Research group on Mathematics Education and Educational Computer Center).
- Streeflands, L. (1991). *Fraction in realistic mathematics education- A paradigm of developmental research*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Suryanto (1996). *Junior secondary school mathematics: Diagnostic survey*. MOEC: Jakarta. (Focuses on basic skills introduced at primary level).
- Susilo, H. (2000). *Report of JICA-IMSTEP*. JICA-IMSTEP. Bandung.
- Suydam, M., & Weaver, J. (1975). Research on mathematics learning. In J. Payne (Ed.), *Mathematics learning in early childhood. Thirty-seventh Yearbook*, (pp. 44-76). Reston, VA: NCTM.
- Turmudi & Sabandar, J. (2002). *Kerjasama mahasiswa calon guru dan guru bidang studi dalam mengembangkan desain pembelajaran matematika realistik di SMP Negeri Kota Bandung*. Grant Research Report, Bandung: Indonesian University of Education, FPMIPA.
- Turmudi (2006). *Designing contextual learning strategies for mathematics for junior secondary schools in Indonesia*. Disertasi Ph.D.: La Trobe University, Australia. Tidak diterbitkan.
- Turmudi (2008). *Panduan Pendidik Matematika SMP*. Pusat Perbukuan Jakarta
- Turmudi (2008). *Landasan Filsafat dan Teori Pembelajaran Matematika (Berparadigma Exploratif dan Investigatif)*. Jakarta: Leuser Cita Pustaka.
- Turmudi (2008). *Taktik dan Strategi pembelajaran matematika (Berparadigma Exploratif dan Investigatif) Untuk Guru SD*. Jakarta: Leuser Cita Pustaka.
- Turmudi (2009). *Panduan Pendidik Matematika SMA*. Pusat Perbukuan Jakarta
- Turmudi (2009). *Taktik dan Strategi pembelajaran matematika (Berparadigma Exploratif dan Investigatif) untuk Guru SMP*. Jakarta: Leuser Cita Pustaka.
- Turmudi (2009). *Taktik dan Strategi pembelajaran matematika (Berparadigma Exploratif dan Investigatif) SMA*. Jakarta: Leuser Cita Pustaka.
- Turmudi, dkk (2001). *Strategi Pembelajaran Matematika Kontemporer*. JICA, UPI. Bandung.

- Turmudi. (1986). *Pelaksanaan tahun pertama kurikulum Matematika 1984 di SMA Negeri se Kabupaten Ciamis*. Tidak dipublikasikan, Skripsi Jurusan Pendidikan Matematika FKIE IKIP Bandung.
- Turmudi. (2003). *Model buku pelajaran matematika sekolah menengah pertama: Panduan pengembangan*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departement Pendidikan National.
- Van den Heuvel-Panhuizen , M. (1996). *Assessment and realistic mathematics education*. Utrecht: CD-β Press, Center for Science and Mathematics Education.
- Van den Heuvel-Panhuizen , M. (2000). Mathematics education in the Netherlands: A guide tour. CD-Rom of the RME materials, produced for the ICME9 Congress in Japan, July 2000.
- Van Dooren, W., Verschaffel, L. & Onghena, P. (2003). Pre service teachers' preferred strategies for solving arithmetic and algebra words problems. In *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6 (27-52). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Verschaffel, L. & De Corte, E. (1996). Number and arithmetic. In Alan J. Bishop, Jeremy K., Colette L., Ken C., & Kristine K. (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education*, (pp.99-137). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academics Publishers.
- Wahyudin (1999). *Kemampuan para guru matematika, calon guru matematika dan siswa dalam pelajaran matematika*. Disertasi. Universitas Pendidikan Indonesia. Tidak dipublikasikan.
- Wood, T., & Turner-Vorbeck, T. (2001). Extending the conception of mathematics teaching. In T. Wood, B. Scott Nelson & J. Warfield (Eds.), *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics*, pp. 185–208. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zulkardi. (2003). *Peningkatan mutu pendidikan matematika melalui mutu pembelajaran*. Buletin PMRI, <http://www.pmri>