

Metapedadidaktik dalam Pembelajaran Matematika: Suatu Strategi Pengembangan Diri Menuju Guru Matematika Profesional

*Bismillaahirrahmaanirrahiim.
Assalaaamualaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.*

Yang terhormat,

*Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanah;
Rektor dan para Pembantu Rektor;
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik;
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar;
Para Dekan dan para Pembantu Dekan;
Ketua dan Sekretaris Lembaga;
Para Direktur Kampus Daerah;
Direktur dan Asisten Direktur Sekolah Pasca Sarjana;
Para Ketua Jurusan, Ketua Prodi, Seluruh Pimpinan Unit Kerja, Para Karyawan, dan
Pengurus IIK;
Para Mahasiswa, serta
Para Tamu undangan, dan hadirin yang saya mulyakan.*

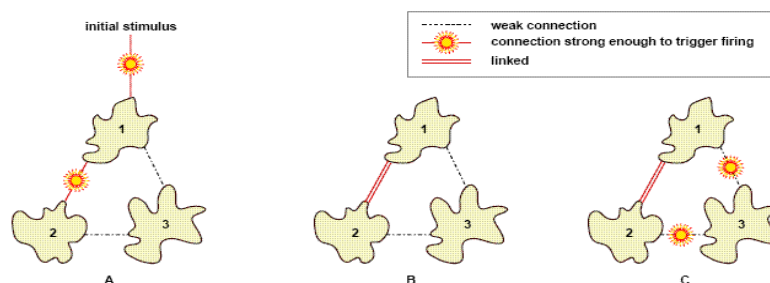
Perkenankanlah saya pada kesempatan yang membahagiakan ini untuk memanjatkan puji syukur ke khadlirat Allah SWT, karena atas ijin-Nya pada hari ini saya berkesempatan menyampaikan pidato pengukuhan guru besar di Universitas Pendidikan Indonesia dalam bidang Pendidikan Matematika. Terimakasih atas kehadiran Bapak, Ibu, dan hadirin sekalian pada acara ini serta kesediaannya untuk menyimak isi pidato saya berjudul ***Metapedadidaktik dalam Pembelajaran Matematika: Suatu Strategi Pengembangan Diri Menuju Guru Matematika Profesional.***

Hadirin yang saya hormati,

Berdasarkan hasil penelitian terakhir yang saya lakukan tentang pengembangan berpikir matematis tingkat tinggi melalui pendekatan tidak langsung, terdapat dua hal mendasar yang perlu pengkajian serta penelitian lebih lanjut dan mendalam yaitu hubungan siswa-materi dan hubungan guru-siswa.

Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa untuk mendorong terjadinya suatu aksi mental, proses pembelajaran harus diawali sajian masalah yang memuat tantangan bagi siswa untuk berpikir. Masalah tersebut dapat berkaitan dengan penemuan konsep, prosedur, strategi penyelesaian masalah, atau aturan-aturan dalam matematika. Jika aksi mental yang diharapkan tidak terjadi, yakni ditandai oleh ketidakmampuan siswa menjelaskan keterkaitan antar obyek mental yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi, maka guru dapat melakukan intervensi tidak langsung melalui penerapan teknik *scaffolding* (tindakan didaktis) serta dorongan untuk terjadinya interaksi antar siswa (tindakan pedagogis).

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 (*Gambar 1*).



Gambar 1. Kerangka Keraja Teori APOS

APOS adalah sebuah teori konstruktivis tentang bagaimana seseorang belajar suatu konsep matematika. Teori tersebut pada dasarnya berlandaskan pada hipotesis tentang hakekat pengetahuan matematis (*mathematical knowledge*) dan bagaimana pengetahuan tersebut berkembang. Pandangan teoritik tersebut dikemukakan oleh Dubinsky (2001) yang menyatakan bahwa pengetahuan matematis seseorang pada hakekatnya merupakan kecenderungan yang dimilikinya untuk merespon situasi masalah matematis yang dihadapi melalui refleksi atas masalah serta solusinya dalam suatu konteks sosial. Refleksi tersebut

dilakukan melalui konstruksi aksi, proses, dan obyek matematis serta mengorganisasikan hal tersebut dalam skema yang dapat digunakan dalam kaitannya dengan situasi masalah yang dihadapi.

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 berpikirkannya 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. 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*.

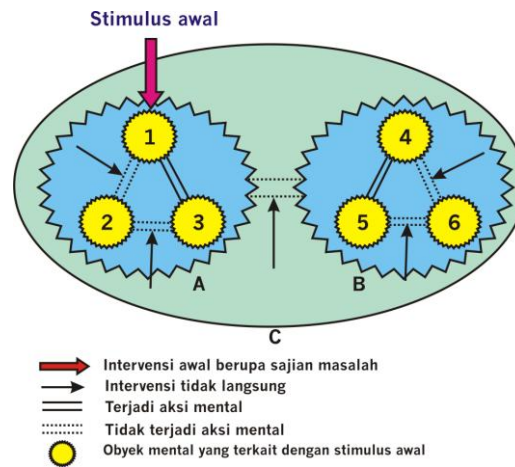
Vygotsky (1978) selanjutnya menjelaskan bahwa proses belajar terjadi pada dua tahap: tahap pertama terjadi pada saat berkolaborasi dengan orang lain, dan tahap berikutnya dilakukan secara individual yang di dalamnya terjadi proses internalisasi. Selama proses interaksi terjadi baik antara guru-siswa maupun antar siswa, kemampuan berikut ini perlu dikembangkan: saling menghargai, menguji kebenaran pernyataan pihak lain, bernegosiasi, dan saling mengadopsi pendapat yang berkembang.

Melalui interaksi antar siswa, diharapkan terjadi pertukaran pengalaman belajar berbeda sehingga aksi mental dapat terus berlanjut sesuai dengan yang diharapkan. Sementara itu, teknik *scaffolding* dapat digunakan selain untuk mengarahkan proses berpikir, juga untuk memberikan tantangan lanjutan

sehingga aksi mental yang diharapkan dapat terjadi dengan baik. Aktivitas seperti ini dapat terus berlanjut sampai siswa memiliki kemampuan untuk melakukan refleksi atas aksi-aksi mental yang dilakukan. Hal tersebut antara lain dapat dilihat dari kemampuan siswa membicarakan atau menjelaskan hasil dari aksi mental yang telah dilakukan terhadap sejumlah obyek kognitif terkait. Kemampuan siswa untuk melakukan refleksi atas aksi-aksi mental yang telah dilakukannya dalam teori *Action-Process-Object-Schema (APOS)* sudah masuk ke dalam tahapan *proses*.

Sebagaimana halnya dalam mendorong aksi-aksi mental sehingga terjadi proses, maka dalam pembentukan obyek-obyek mental baru yang dilakukan siswa, guru dapat melakukan intervensi secara tidak langsung dengan cara yang sama. Melalui intervensi tersebut, siswa diarahkan agar memiliki kemampuan untuk melakukan refleksi atas sejumlah *proses mental* yang telah dilakukan sehingga mereka mampu merangkumnya (*encapsulate*) menjadi suatu obyek mental baru. Hal tersebut antara lain dapat dilakukan dengan meminta siswa untuk menjelaskan kinerja mereka melalui diskusi kelas. Lebih dari itu, dengan cara yang sama, yakni melalui intervensi tidak langsung, siswa dapat didorong untuk memiliki kemampuan menguraikan kembali (*de-encapsulate*) suatu obyek mental baru menjadi bagian-bagiannya. Hal ini dapat diimplementasikan dalam bentuk sajian argumentasi tentang obyek mental yang baru terbentuk melalui tanya jawab dalam diskusi kelas yang dilakukan.

Berdasarkan model intervensi tidak langsung yang diterapkan pada kerangka kerja teori *APOS* seperti yang dikemukakan Tall (1999), selanjutnya dapat dikembangkan model kerangka kerja baru yang merupakan integrasi dari model intervensi bersifat tidak langsung ke dalam kerangka kerja teori tersebut yaitu seperti Gambar 2. Pada gambar tersebut, stimulus awal yang disediakan berkaitan dengan obyek-obyek mental yang sudah dimiliki seseorang yakni obyek-obyek bernomor 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Obyek mental C terbentuk sebagai akibat terjadinya rangkaian aksi mental pada proses A yang dihubungkan dengan rangkaian aksi mental lainnya yaitu proses B.



Gambar 2. Model Intervensi pada Kerangka Kerja Teori APOS

Pada Gambar 2 tersebut, antara obyek 1 dan 2, 2 dan 3, 4 dan 6, 5 dan 6, serta antara proses A dan B, tidak terjadi aksi mental. Dengan demikian guru melakukan intervensi tidak langsung sampai terjadi aksi mental yang diinginkan. Rangkaian intervensi yang dilakukan secara berkelanjutan pada akhirnya akan menghasilkan obyek mental C yang diperoleh berdasarkan proses A dan B. Model pengembangan skema melalui intervensi tidak langsung pada kerangka kerja teori APOS tersebut selanjutnya disebut sebagai model Pengembangan Skema (PS). Model ini kemudian diintegrasikan ke dalam kerangka kerja teori *Zone of Proximal Development (ZPD)* dari Vygotsky.

Dalam penelitian yang telah saya lakukan, proses pencapaian perkembangan aktual difasilitasi melalui sajian masalah bersifat tidak rutin. Melalui penerapan model PS, selanjutnya dapat terjadi rangkaian perkembangan aktual dan potensial berkelanjutan yang disebut sebagai *Model Pengembangan ZPD (MP-ZPD)*. Model Pengembangan ZPD yang merupakan integrasi model Pengembangan Skema melalui Intervensi Tidak Langsung ke dalam kerangka teori ZPD adalah teori pembelajaran matematika baru yang merupakan implikasi teoritik penting dari penelitian yang saya lakukan.

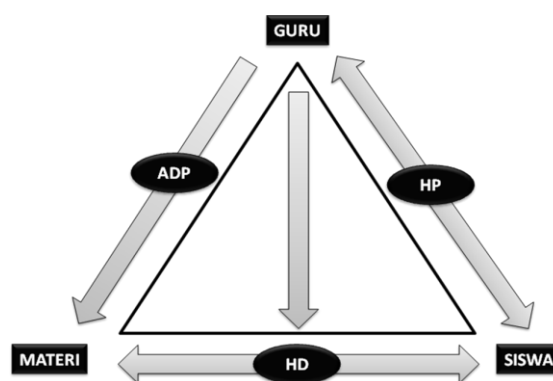
Dalam penelitian yang diuraikan di atas, aspek-aspek mendasar sekitar proses pembentukan obyek mental baru belum dikaji secara lebih mendalam

misalnya dari sudut pandang teori situasi didaktis sebagaimana yang dikemukakan Brousseau (1997). Menurut teori ini, aksi seorang guru dalam proses pembelajaran akan menciptakan sebuah situasi yang dapat menjadi titik awal bagi terjadinya proses belajar. Walaupun situasi yang tersedia tidak serta merta menciptakan proses belajar, akan tetapi dengan suatu pengkondisian misalnya melalui teknik *scaffolding*, proses tersebut sangat mungkin bisa terjadi. Jika proses belajar terjadi, maka akan muncul situasi baru yang diakibatkan aksi siswa sebagai respon atas situasi sebelumnya. Situasi baru yang terjadi bisa bersifat tunggal atau beragam tergantung dari *milieu* atau seting aktivitas belajar yang dirancang guru. Semakin beragam *milieu* yang terbentuk, maka akan semakin beragam pula situasi yang terjadi sehingga proses pembelajaran menjadi sangat kompleks.

Kompleksitas situasi didaktis sangat potensial untuk menciptakan interaktivitas antar individu dalam suatu *milieu* atau antar *milieu*. Interaktivitas tersebut pada dasarnya merupakan hal yang baik, akan tetapi perlu diingat bahwa tidak setiap interaksi dapat memunculkan *collaborative learning* yang mampu menjamin terjadinya lompatan belajar. Selain itu, perlu diingat pula bahwa dalam setiap situasi didaktis serta interaktivitas yang menyertainya akan muncul proses *coding* dan *decoding* yang tidak tertutup kemungkinan bisa menyebabkan terjadinya distorsi informasi. Hal ini tentu saja akan menjadi masalah sangat serius dalam proses belajar selanjutnya dan secara psikologis bisa menjadi penyebab terjadinya prustasi pada diri siswa atau mereka menjadi tidak fokus dalam belajar. Dengan demikian, permasalahan yang muncul di luar situasi didaktis yakni yang terkait dengan hubungan guru-siswa merupakan hal yang tidak kalah pentingnya untuk dikaji sehingga kualitas pembelajaran matematika dapat senantiasa ditingkatkan. Situasi yang tetkait dengan hubungan guru-siswa selanjutnya akan saya sebut sebagai situasi pedagogis (*pedagogical situation*).

Dua aspek mendasar dalam proses pembelajaran matematika sebagaimana dikemukakan di atas yaitu hubungan siswa-materi dan hubungan guru-siswa, ternyata dapat menciptakan suatu situasi didaktis maupun pedagogis yang tidak sederhana bahkan seringkali terjadi sangat kompleks. Hubungan Guru-Siswa-

Materi digambarkan oleh Kansanen (2003) sebagai sebuah Segitiga Didaktik yang menggambarkan hubungan didaktis (HD) antara siswa dan materi, serta hubungan pedagogis (HP) antara guru dan siswa. Ilustrasi segitiga didaktik dari Kansanen tersebut belum memuat hubungan guru-materi dalam konteks pembelajaran. Dalam pandangan saya, hubungan didaktis dan pedagogis tidak bisa dipandang secara parsial melainkan perlu dipahami secara utuh karena pada kenyataannya kedua hubungan tersebut dapat terjadi secara bersamaan. Dengan demikian, seorang guru pada saat merancang sebuah situasi didaktis, sekaligus juga perlu memikirkan prediksi respons siswa atas situasi tersebut serta antisipasinya sehingga tercipta situasi didaktis baru. Antisipasi tersebut tidak hanya menyangkut hubungan siswa-materi, akan tetapi juga hubungan guru-siswa baik secara individu maupun kelompok atau kelas. Atas dasar hal tersebut, maka pada segitiga didaktis Kansanen perlu ditambahkan suatu hubungan antisipatif guru-materi yang selanjutnya bisa disebut sebagai Antisipasi Didaktis dan Pedagogis (ADP) sebagaimana diilustrasikan pada gambar segitiga didaktis Kansanen yang dimodifikasi berikut ini (*Gambar 3*).



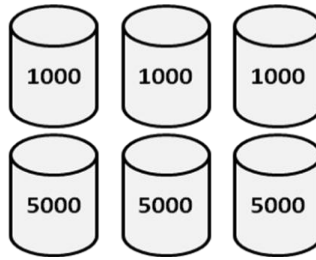
Gambar 3. Segitiga Didaktis yang Dimodifikasi

Peran guru yang paling utama dalam konteks segitiga didaktis ini adalah menciptakan suatu situasi didaktis (*didactical situation*) sehingga terjadi proses belajar dalam diri siswa. Ini berarti bahwa seorang guru selain perlu menguasai materi ajar, juga perlu memiliki pengetahuan lain yang terkait dengan siswa serta mampu menciptakan situasi didaktis yang dapat mendorong proses belajar secara optimal. Dengan kata lain, seorang guru perlu memiliki kemampuan untuk

menciptakan relasi didaktis (*didactical relation*) antara siswa dan materi ajar sehingga tercipta suatu situasi didaktis ideal bagi siswa.

Dalam suatu proses pembelajaran, seorang guru biasanya mengawali aktivitas dengan melakukan suatu aksi misalnya dalam bentuk menjelaskan suatu konsep, menyajikan permasalahan kontekstual, atau menyajikan suatu permainan matematik. Berdasarkan aksi tersebut selanjutnya terciptalah suatu situasi yang menjadi sumber informasi bagi siswa sehingga terjadi proses belajar. Dalam proses belajar ini siswa melakukan aksi atas situasi yang ada sehingga tercipta situasi baru yang selanjutnya akan menjadi sumber informasi bagi guru. Aksi lanjutan guru sebagai respon atas aksi siswa terhadap situasi didaktis sebelumnya, akan menciptakan situasi didaktis baru. Dengan demikian, situasi didaktis pada kenyataannya akan bersifat dinamik, senantiasa berubah dan berkembang sepanjang periode pembelajaran. Jika *milieu* tidak bersifat tunggal, maka dinamika situasi didaktis ini akan menciptakan situasi belajar yang kompleks sehingga guru perlu melakukan tindakan pedagogis untuk terciptanya situasi pedagogis yang mampu mensinergikan setiap potensi siswa.

Untuk menggambarkan penjelasan di atas dalam situasi nyata, berikut akan diilustrasikan sebuah kasus pembelajaran matematika di SMP dengan materi ajar faktorisasi. Berdasarkan skenario yang dirancang guru, pembelajaran diawali sajian masalah sebagai berikut. Tersedia tiga gelas masing-masing berisi uang Rp. 1000,00 dan tiga gelas lainnya masing-masing berisi uang Rp. 5000,00. Siswa diminta menemukan sedikitnya tiga cara untuk menentukan nilai total uang yang ada dalam gelas. Untuk membantu proses berpikir siswa, guru menyajikan ilustrasi berupa gambar (*Gambar 4*) yang cukup terstruktur sehingga situasi didaktis yang dirancang mampu mendorong proses berpikir kearah yang diharapkan.

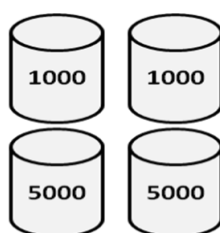


Gambar 4. Ilustrasi Masalah Pertama

Dengan bantuan ilustrasi ini, guru memperkirakan akan ada tiga macam respon siswa yaitu: (1) $1000 + 1000 + 1000 + 5000 + 5000 + 5000$, (2) $3 \times 1000 + 3 \times 5000$, dan (3) $3(1000 + 5000)$ atau $3 \times (6000)$. Walaupun ketiga macam respon yang diperkirakan ternyata semuanya muncul, akan tetapi siswa ternyata memiliki pikiran berbeda dengan perkiraan guru yaitu $6000 + 6000 + 6000$ atau 3×6000 . Prediksi yang diajukan guru tentu saja dipengaruhi materi yang diajarkan yaitu faktorisasi, sehingga dapat dipahami apabila respon yang diharapkan juga dikaitkan dengan konsep faktorisasi suku aljabar. Adanya distorsi antara hasil *linguistic coding* yang dilakukan guru dan *decoding* yang dilakukan siswa merupakan hal wajar dan seringkali terjadi. Dengan demikian, keberadaan respon siswa terahir, walaupun tidak terlalu relevan, tidak perlu dipandang sebagai masalah. Walaupun guru tetap menghargai setiap respon siswa termasuk yang kurang relevan bahkan mungkin salah, akan tetapi dia perlu memilih respon yang perlu ditindak lanjuti sehingga tercipta situasi didaktik baru.

Pada kasus pembelajaran ini, guru mencoba memanfaatkan tiga macam respon sebagaimana yang diperkirakan semula. Melalui diskusi kelas, selanjutnya diajukan sejumlah pertanyaan sehingga siswa berusaha menjelaskan hubungan antara ketiga representasi matematis tersebut. Berdasarkan penjelasan yang dikemukakan siswa, faktor 3 pada representasi kedua diperoleh dari banyaknya angka 1000 dan 5000 yaitu masing-masing tiga buah. Karena masing-masing suku pada representasi kedua mengandung faktor yang sama yaitu 3, maka representasi tersebut dapat disederhanakan menjadi representasi ketiga. Hasil diskusi ini sekilas menunjukkan adanya pemahaman siswa mengenai konsep faktorisasi suku aljabar. Namun demikian, dari masalah serupa yang diajukan berikutnya oleh guru,

ternyata masih ada sejumlah siswa yang masih menggunakan representasi pertama untuk memperoleh nilai total uang yang ada dalam gelas. Masalah tersebut adalah sebagai berikut. Tersedia dua gelas masing-masing berisi uang Rp. 1000,00 dan dua gelas lainnya masing-masing berisi uang Rp. 5000,00. Siswa diminta menemukan dua cara untuk menentukan nilai total uang yang ada dalam gelas. Seperti pada soal pertama, guru menyajikan ilustrasi (*Gambar 5*) yang serupa seperti gambar sebelumnya.

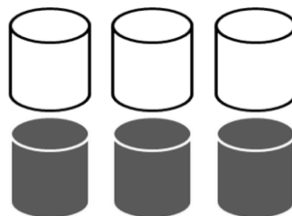


Gambar 5. Ilustrasi Masalah Kedua

Melalui penyajian soal kedua ini, guru mengharapkan akan muncul dua macam representasi yaitu: (1) $2 \times 1000 + 2 \times 5000$, dan (2) $2 \times (1000 + 5000)$ atau 2×6000 . Namun demikian, dari respon yang diberikan siswa ternyata tidak hanya kedua representasi tersebut yang muncul, akan tetapi masih ada sejumlah siswa yang menggunakan representasi pertama seperti pada soal sebelumnya untuk menentukan nilai total uang yang ada dalam gelas. Ini menunjukkan bahwa situasi didaktis yang dirancang guru tidak serta merta bisa membuat siswa belajar.

Untuk membantu proses berpikir siswa agar lebih fokus pada penggunaan faktor suku aljabar sekaligus memperkenalkan konsep variabel, selanjutnya guru menyajikan soal berikut. Terdapat tiga buah gelas yang masing-masing berisi uang yang besarnya sama akan tetapi tidak diketahui berapa besarnya. Selain itu, terdapat tiga buah gelas lainnya yang masing-masing berisi uang yang besarnya sama akan tetapi juga tidak diketahui berapa besarnya. Jika banyaknya uang pada kelompok gelas pertama dan kedua tidak sama, berapakah nilai total uang yang ada dalam enam gelas tersebut? Temukan tiga cara berbeda untuk menentukan nilai total uang yang ada dalam gelas. Untuk membantu proses berpikir siswa, guru



menyediakan ilustrasi berupa gambar gelas yang tidak terlihat isinya disusun dalam dua kelompok (*Gambar 6*).



Gambar 6. Ilustrasi Masalah Ketiga

Untuk soal ketiga ini, terdapat tiga kemungkinan yang diperkirakan guru akan muncul sebagai respon siswa yaitu: (1) $x + x + x + y + y + y$, (2) $3x + 3y$, dan (3) $3(x + y)$. Dari respon siswa yang teramati, ternyata penggunaan variabel sebagaimana yang diperkirakan guru tidak langsung muncul. Respon yang muncul dari sebagian besar siswa adalah representasi model kedua tetapi tidak menggunakan variabel, melainkan dengan cara sebagai berikut:

(1) $3 \times$ banyaknya uang dalam gelas putih + $3 \times$ banyaknya uang dalam gelas hitam.

(2) 3  + 3 

Walaupun respon atas masalah terahir ini tidak sepenuhnya sesuai dengan prediksi guru, akan tetapi melalui diskusi kelas dengan cara: (1) mengaitkan respon terahir ini dengan representasi matematis yang diperoleh pada soal pertama dan kedua, dan (2) mempertanyakan kemungkinan penggantian kalimat panjang pada representasi pertama atau lambang gelas pada representasi kedua dengan huruf tertentu misalnya a , b , c atau x , y , z , maka pada akhirnya siswa bisa memahami bahwa solusi atas masalah yang diajukan bisa direpresentasikan sesuai dengan yang diharapkan guru.

Setelah siswa diperkenalkan dengan konsep variabel, selanjutnya guru menyajikan soal keempat yaitu sebagai berikut. Terdapat a buah gelas yang masing-masing berisi uang sebesar x rupiah, dan terdapat a buah gelas yang masing-masing berisi uang sebesar y rupiah. Tentukan dua cara menghitung total

nilai uang yang ada dalam seluruh gelas. Walaupun masih ada siswa yang belum memahami inti materi yang dipelajari melalui aktivitas belajar sebagaimana yang sudah dijelaskan, akan tetapi melalui interaktivitas yang diciptakan guru, pada akhirnya mereka bisa sampai pada representasi matematis yang diharapkan yaitu: (1) $ax + ay$ dan (2) $a(x + y)$.

Dari kasus pembelajaran yang diuraikan di atas, terdapat beberapa hal penting yang perlu digaris bawahi terkait dengan situasi didaktis yang diciptakan guru. Pertama, aspek kejelasan masalah dilihat dari model sajian maupun keterkaitan dengan konsep yang diajarkan. Masalah yang dihadapkan kepada siswa disajikan dalam dua cara yaitu model kongkrit dengan memanfaatkan beberapa gelas dan uang, serta model ilustrasi berupa gambar terstruktur. Walaupun masih terdapat respon siswa yang kurang sesuai dengan prediksi guru, akan tetapi teknik *scaffolding* yang digunakan guru mampu mengubah situasi didaktis yang ada sehingga proses berpikir siswa menjadi lebih terarah. Model sajian bersifat kongkrit dan terstruktur ternyata cukup efektif dalam membantu proses berpikir siswa, sehingga respon mereka terhadap masalah yang diberikan pada umumnya muncul sesuai harapan guru. Pada sajian pertama guru nampaknya berusaha memperkenalkan konsep suku sejenis disertai proses penyederhanaan dengan memanfaatkan konsep faktor persekutuan terbesar. Proses tersebut lebih diperkuat lagi pada sajian masalah kedua yang lebih sederhana dengan harapan siswa bisa lebih fokus pada aspek faktorisasi suku aljabar.

Kedua, aspek prediksi respon siswa atas setiap masalah yang disajikan. Prediksi respon siswa tersebut disajikan dalam skenario pembelajaran yang merupakan bagian dari rencana pembelajaran yang disiapkan guru. Prediksi tersebut merupakan bagian yang sangat penting dalam menciptakan situasi didaktis yang dinamis karena hal itu dapat digunakan guru sebagai kerangka acuan untuk memudahkan dalam membantu proses berpikir siswa. Teknik *scaffolding* yang digunakan guru pada dasarnya merupakan upaya untuk membantu proses berpikir siswa dengan senantiasa berpegang pada kerangka acuan tersebut.

Ketiga, aspek keterkaitan antar situasi didaktis yang tercipta pada setiap sajian masalah berbeda. Untuk menjaga konsistensi proses berpikir, guru menggunakan konteks yang sama secara konsisten, yakni menentukan total nilai uang yang ada dalam sejumlah gelas, pada setiap masalah mulai dari yang bersifat kongkrit sampai abstrak. Keterkaitan antar situasi didaktis tersebut juga berkenaan dengan konsep yang diperkenalkan yaitu faktorisasi suku aljabar melalui sajian variasi masalah dengan tingkat keabstrakan yang semakin meningkat. Aspek keterkaitan tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengembangan obyek mental baru karena aksi-aksi mental yang diperlukan dapat terjadi dengan baik sebagai akibat adanya konsistensi penggunaan konteks serta keterkaitan antar situasi didaktis yang dikembangkan.

Keempat, aspek pengembangan intuisi matematis. Menurut pandangan ahli intuisi inferensial, intuisi dapat dimaknai sebagai suatu bentuk penalaran yang dipandu oleh adanya interaksi dengan lingkungan (Ben-Zeev dan Star, 2005). Walaupun penalaran tersebut lebih bersifat intuitif atau tidak formal, akan tetapi dalam situasi didaktis tertentu keberadaannya sangatlah diperlukan terutama untuk membantu terjadinya aktivitas mental mengarah pada pembentukan obyek mental baru. Dalam ilustrasi pembelajaran di atas, lingkungan belajar yang dikonstruksi dengan menggunakan benda-benda nyata serta ilustrasi ternyata sangat efektif menumbuhkan intuisi matematis siswa yang secara langsung memanfaatkan ilustrasi yang tersedia. Representasi informal yang diajukan siswa berdasarkan intuisi matematis yang dimiliki ternyata dapat menjadi landasan yang tepat untuk mengarahkan proses berpikir siswa pada representasi matematis lebih formal.

Kasus pembelajaran di atas juga memberikan gambaran tentang situasi pedagogis yang dikembangkan guru. Dalam mengembangkan *milieu* sepanjang proses pembelajaran, guru senantiasa memberi kesempatan bagi siswa untuk mengawali aktivitas belajar secara individual. Interaktivitas yang dikembangkan guru lebih didasarkan atas kebutuhan siswa dalam mencapai tingkat perkembangan potensialnya yakni pada saat mereka menghadapi kesulitan. Hal ini

antara lain dilakukan dengan mendorong siswa yang teridentifikasi mengalami kesulitan untuk bertanya kepada siswa lain yang sudah bisa atau sudah lebih paham tentang masalah yang dihadapi. Disadari bahwa terdapat potensi yang berbeda-beda pada setiap diri siswa, maka selama proses pembelajaran guru senantiasa berkeliling untuk mengidentifikasi potensi serta kesulitan yang dihadapi siswa sehingga pada proses selanjutnya hal tersebut dapat digunakan untuk menciptakan interaktivitas yang lebih sinergis.

Ada beberapa catatan menarik berkenaan dengan situasi pedagogis yang dikembangkan dan perlu digaris bawahi. Pertama, seting kelas berbentuk U dengan siswa duduk secara berkelompok (empat atau tiga orang). Seting kelas seperti ini ternyata dapat menciptakan situasi pedagogis lebih kondusif karena mobilitas guru menjadi lebih mudah sehingga siswa dapat terakses secara lebih merata. Situasi seperti ini juga memudahkan siswa dalam melakukan interaksi baik dalam kelompok maupun antar kelompok. Kedua, aktivitas belajar yang dilakukan secara bervariasi yaitu individual, interaksi dalam kelompok, interaksi antar kelompok, dan aktivitas kelas. Hal ini memberikan kemungkinan bagi setiap siswa untuk melakukan proses belajar secara optimal sehingga hak belajar mereka menjadi lebih terjamin. Dalam situasi pedagogis seperti ini serta dorongan yang diberikan guru untuk melakukan interaksi sehingga *collabotaive learning* bisa terjadi baik dalam kelompok, antar kelompok, maupun melalui diskusi kelas yang dipimpin guru. Ketiga, kepedulian guru terhadap siswa. Kepedulian ini ditunjukkan antara lain melalui upaya kontak langsung dengan siswa baik secara individu maupun kelompok, memberikan kesempatan kepada siswa yang mengalami kesulitan untuk bertanya kepada siswa lain, dan memberi kesempatan kepada siswa untuk menjelaskan hasil pemikirannya kepada siswa lain dalam kelompok atau kelas.

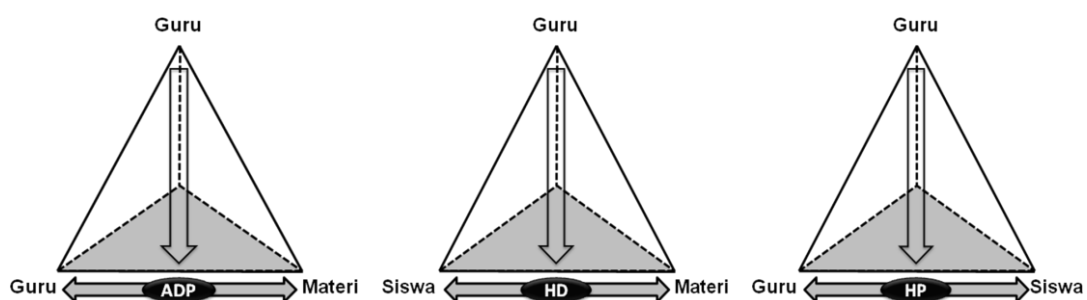
Hadirin yang saya hormati,

Proses belajar matematika pada hakekatnya dapat dipandang sebagai suatu proses pembentukan obyek-obyek mental baru yang didasarkan atas proses pengaitan antar obyek mental yang sudah dimiliki sebelumnya. Proses tersebut dipicu oleh ketersediaan materi ajar rancangan guru sehingga terjadi situasi didaktis yang memungkinkan siswa melakukan aksi-aksi mental tertentu. Adanya keragaman respon yang diberikan siswa atas situasi didaktis yang dihadapi, menuntut guru untuk melakukan tindakan didaktis melalui teknik *scaffolding* yang bervariasi sehingga tercipta beberapa situasi didaktis berbeda. Kompleksitas situasi didaktis, merupakan tantangan tersendiri bagi guru untuk mampu menciptakan situasi pedagogis yang sesuai sehingga interaktivitas yang berkembang mampu mendukung proses pencapaian kemampuan potensial masing-masing siswa.

Untuk menciptakan situasi didaktis maupun pedagogis yang sesuai, dalam menyusun rencana pembelajaran guru perlu memandang situasi pembelajaran secara utuh sebagai suatu obyek (Brousseau, 1997). Dengan demikian, berbagai kemungkinan respon siswa baik yang memerlukan tindakan didaktis maupun pedagogis, perlu diantisipasi sedemikian rupa sehingga dalam kenyataan proses pembelajaran dapat tercipta dinamika perubahan situasi didaktis maupun pedagogis sesuai kapasitas, kebutuhan, serta percepatan proses belajar siswa.

Menyadari bahwa situasi didaktis dan pedagogis yang terjadi dalam suatu pembelajaran merupakan peristiwa yang sangat kompleks, maka guru perlu mengembangkan kemampuan untuk bisa memandang peristiwa tersebut secara komprehensif, mengidentifikasi dan menganalisis hal-hal penting yang terjadi, serta melakukan tindakan tepat sehingga tahapan pembelajaran berjalan lancar dan sebagai hasilnya siswa belajar secara optimal. Kemampuan yang perlu dimiliki guru tersebut selanjutnya akan disebut sebagai *metapedadidaktik* yang dapat diartikan sebagai kemampuan guru untuk: (1) memandang komponen-komponen segitiga didaktis yang dimodifikasi yaitu ADP, HD, dan HP sebagai suatu kesatuan yang utuh, (2) mengembangkan tindakan sehingga tercipta situasi didaktis dan

pedagogis yang sesuai kebutuhan siswa, (3) mengidentifikasi serta menganalisis respon siswa sebagai akibat tindakan didaktis maupun pedagogis yang dilakukan, (4) melakukan tindakan didaktis dan pedagogis lanjutan berdasarkan hasil analisis respon siswa menuju pencapaian target pembelajaran. Karena metapedadidaktik ini terkait dengan suatu peristiwa pembelajaran, maka hal ini dapat digambarkan sebagai sebuah limas dengan titik puncaknya adalah guru yang memandang alas limas sebagai segitiga didaktis yang dimodifikasi (*Gambar 7*).



Gambar 7. Metapedadidaktik Dilihat dari Sisi ADP, HD, dan HP

Metapedadidaktik meliputi tiga komponen yang terintegrasi yaitu kesatuan, fleksibilitas, dan koherensi. Komponen kesatuan berkenaan dengan kemampuan guru untuk memandang sisi-sisi segitiga didaktis yang dimodifikasi sebagai sesuatu yang utuh dan saling berkaitan erat. Sebelum peristiwa pembelajaran terjadi, guru tentu melakukan proses berpikir tentang skenario pembelajaran yang akan dilaksanakan. Hal terpenting yang dilakukan dalam proses tersebut adalah berkaitan dengan prediksi respon siswa sebagai akibat tindakan didaktis maupun pedagogis yang akan dilakukan. Berdasarkan prediksi tersebut selanjutnya guru juga berpikir tentang antisipasi atas berbagai kemungkinan yang akan terjadi, yakni, bagaimana jika respon siswa sesuai dengan prediksi guru, bagaimana jika hanya sebagian yang diprediksikan saja yang muncul, dan bagaimana pula jika apa yang diprediksikan ternyata tidak terjadi. Semua kemungkinan ini tentu harus sudah terpikirkan oleh guru sebelum peristiwa pembelajaran terjadi.

Dalam suatu peristiwa pembelajaran, guru tentu saja akan memulai aktivitas sesuai skenario yang memuat antisipasi didaktis dan pedagogis. Pada saat guru menciptakan sebuah situasi didaktis, terdapat tiga kemungkinan yang bisa

terjadi terkait respon siswa atas situasi tersebut yaitu seluruhnya sesuai prediksi guru, sebagian sesuai prediksi, atau tidak ada satupun yang sesuai prediksi. Walaupun secara keseluruhan hanya ada tiga kemungkinan seperti itu, akan tetapi pada kenyataannya respon siswa tersebut tidak mungkin muncul seragam untuk setiap siswa. Artinya apabila respon siswa seluruhnya sesuai dengan prediksi guru, bukan berarti setiap siswa memberikan respon yang sama melainkan secara akumulasi respon yang diberikan siswa sesuai prediksi. Dengan kata lain, jika dilihat dari sisi siswanya, maka akan ada siswa yang memberikan respon sesuai prediksi, ada siswa yang sebagian responnya sesuai prediksi, ada yang responnya tidak sesuai prediksi, dan mungkin pula ada yang tidak memberikan respon. Situasi seperti ini tentu menjadi tantangan bagi guru untuk mampu mengidentifikasi setiap kemungkinan yang terjadi, menganalisis situasi tersebut, serta mengambil tindakan secara cepat dan tepat.

Tindakan yang diambil guru setelah melakukan analisis secara cepat terhadap berbagai respon yang muncul, bisa bersifat didaktis maupun pedagogis. Dalam kenyataannya, yang menjadi sasaran tindakan tersebut juga bisa bervariasi tergantung hasil analisis guru yaitu bisa kepada individu, kelompok, atau kelas. Akibat dari tindakan yang dilakukan tersebut tentu akan menciptakan situasi baru yang sangat tergantung pada jenis tindakan serta sasaran yang dipilih. Pada saat suatu situasi didaktis dan atau pedagogis terjadi, maka pada saat yang sama guru akan berpikir tentang respon siswa yang mungkin beragam, keterkaitan respon siswa dengan prediksi serta antisipasinya, dan tindakan apa yang akan diambil setelah sebelumnya melakukan identifikasi serta analisis yang cermat. Dengan demikian, selama proses pembelajaran berjalan guru akan senantiasa berpikir tentang keterkaitan antara tiga hal yaitu antisipasi didaktis-pedagogis, hubungan didaktis siswa-materi, dan hubungan pedagogis guru-siswa.

Komponen kedua dari metapedadidaktik adalah fleksibilitas. Skenario, prediksi respon siswa, serta antisipasinya yang sudah dipikirkan sebelum peristiwa pembelajaran terjadi pada hakekatnya hanyalah sebuah rencana yang belum tentu sesuai kenyataan. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, respon siswa

tidak selalu sesuai prediksi guru sehingga berbagai antisipasi yang sudah disiapkan perlu dimodifikasi sepanjang perjalanan pembelajaran sesuai dengan kenyataan yang terjadi. Hal ini sangat penting untuk dilakukan sebagai konsekuensi logis dari pandangan bahwa pada hakekatnya siswa memiliki otoritas untuk mencapai suatu kemampuan atas kapasitasnya sendiri. Sementara guru sebagai fasilitator, hanya bisa melakukan tindakan didaktis atau pedagogis pada saat siswa benar-benar membutuhkan yaitu ketika berusaha mencapai kemampuan potensialnya. Dengan demikian, antisipasi yang sudah disiapkan perlu senantiasa disesuaikan dengan situasi didaktis maupun pedagogis yang terjadi.

Komponen ketiga adalah koherensi atau pertalian logis. Situasi didaktis yang diciptakan guru sejak awal pembelajaran tidaklah bersifat statis karena pada saat respon siswa muncul yang dilanjutkan dengan tindakan didaktis atau pedagogis yang diperlukan, maka akan terjadi situasi didaktis dan pedagogis baru. Karena kejadian tersebut berkembang sepanjang proses pembelajaran dan sasaran tindakan yang diambil guru bisa bersifat individual, kelompok, atau kelas, maka *milieu* yang terbentuk pastilah akan sangat bervariasi. Dengan demikian, situasi didaktis pun akan berkembang pada tiap *milieu* sehingga muncul situasi yang berbeda-beda. Namun demikian, perbedaan-perbedaan situasi yang terjadi harus dikelola sedemikian rupa sehingga perubahan situasi sepanjang proses pembelajaran dapat berjalan secara lancar mengarah pada pencapaian tujuan. Untuk mencapai hal tersebut, maka guru harus memperhatikan aspek pertalian logis atau koherensi dari tiap situasi sehingga proses pembelajaran dapat mendorong serta memfasilitasi aktivitas belajar siswa secara kondusif mengarah pada pencapaian hasil belajar yang optimal.

Gagasan tentang *tacit pedagogical knowing* dalam konteks profesionalitas guru yang diteliti oleh Toom (2006) memberikan gambaran bahwa *tacit pedagogical knowledge* yang diperoleh guru selama melaksanakan proses pembelajaran merupakan pengetahuan sangat berharga sebagai bahan refleksi untuk perbaikan kualitas pembelajaran berikutnya. Toom juga menjelaskan bahwa proses berpikir didaktis dan pedagogis dapat terjadi pada tiga peristiwa

yaitu sebelum pembelajaran berlangsung, pada saat pembelajaran berlangsung, dan setelah pembelajaran berlangsung. Namun demikian, *tacit didactical and pedagogical knowledge* hanya bisa diperoleh melalui peristiwa pembelajaran yang dialami guru secara langsung. Dengan demikian, metapedadidaktik pada hakekatnya merupakan strategi yang bisa digunakan guru untuk memperoleh *tacit didactical and pedagogical knowledge* sebagai bahan refleksi pasca pembelajaran. Jika seorang guru mampu mengidentifikasi, menganalisis, serta mengaitkan proses berpikir pada peristiwa sebelum pembelajaran (antisipasi didaktis dan pedagogis), *tacit knowledge* yang diperoleh pada peristiwa pembelajaran, dan hasil refleksi pasca pembelajaran, maka hal tersebut akan menjadi suatu strategi yang sangat baik untuk melakukan pengembangan diri sehingga kualitas pembelajaran dari waktu ke waktu senantiasa dapat ditingkatkan. Dengan kata lain, metapedadidaktik pada dasarnya merupakan suatu strategi pengembangan diri menuju guru matematika profesional.

Hadirin yang saya hormati,

Dengan segala kerendahan hati saya mengahiri orasi ini, disertai permintaan maaf apabila ada hal-hal yang kurang berkenan dalam penyajiannya. Semoga hasil pemikiran yang saya sampaikan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan pendidikan matematika khususnya di Indonesia.

Pada kesempatan ini, izinkanlah saya menyampaikan terimakasih kepada beberapa pihak yaitu:

1. Rektor UPI Bapak Prof. Dr. H. Soenaryo Kartadinata, M.Pd dan jajarannya atas kesempatan serta dorongan yang telah diberikan kepada saya untuk mendapatkan jabatan guru besar ini;
2. Dekan FPMIPA UPI Bapak Dr. Sumar Hendayana, M.Sc dan jajarannya atas segala dorongan dan bantuan yang telah diberikan;
3. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan FPMIPA, terutama kawan sejawat di Jurusan Pendidikan Matematika;

4. Guru-guru dan senior saya di Jurusan Pendidikan Matematika, khususnya Ibu Prof. Utari Sumarmo, Bapak Prof. Russeffendi, Prof. Wahyudin, dan Prof. Yozua Sahbandar.
5. Keluarga, terutama Istri saya tercinta Nunung Nursyamsiah, M.Pd. dan anak semata wayang Teteh Linda Hania Pasha, atas kesabaran, do'a, serta dorongannya; serta
6. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
Mudah-mudahan Allah SWT, membalas segala amal baik semua pihak yang telah membantu saya dengan pahala yang berlipat ganda. Amien.

Wassalaamualaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

PUSTAKA ACUAN

- Ben-Zeev, T. Dan Star, J.(2002). *Intuitive Mathematics: Theoretical and Educational Implications*. Michigan: University of Michigan
- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situation in Mathematics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Dubinsky, E. (2001). *Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses*. Coventry: University of Warwick
- Kansanen, P. (2003). Studying-theRealistic Bridge Between Instruction and Learning. An Attempt to a Conceptual Whole of the Teaching-Studying-Learning Process. *Educational Studies, Vol. 29, No. 2/3, 221-232*
- Suryadi, D. (2005). *Penggunaan Pendekatan Pembelajaran Tidak Langsung serta Pendekatan Gabungan Langsung dan Tidak Langsung dalam Rangka Meningkatkan Kemampuan Berpikir Matematika Tingkat Tinggi Siswa SLTP*. Bandung: SPS UPI
- Tall, D. (1999). *Reflections on APOS theory in Elementary and Advanced Mathematical Thinking*. Haifa: PME23
- Toom, A. (2006). *Tacit Pedagogical Knowing At the Core of Teacher's Professionality*. Helsinki: University of Helsinki
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press

RIWAYAT HIDUP

Didi Suryadi, lahir di Tasikmalaya pada tanggal 1 Februari 1959, sebagai anak sulung dari empat bersaudara. Lulus SD tahun 1971, SMP tahun 1974, dan SMA tahun 1977 di Tasikmalaya, Sarjana Pendidikan Matematika dari IKIP Bandung tahun 1983, M.Ed dalam Pendidikan Matematika dari La Trobe University tahun 1996 di Melbourne Australia, dan Dr. dalam bidang Pendidikan Matematika dari SPS UPI tahun 2005. Selain Pendidikan formal, dia juga pernah mengikuti pendidikan tambahan yaitu pelatihan tentang Matematika Diskrit di ITB tahun 1987 dan pelatihan dalam Pendidikan Matematika di Gunma University Jepang tahun 2000. Karir di bidang pendidikan dimulai pada tahun 1983 sebagai dosen di Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA UPI.

Karya ilmiah terpenting yang pernah dituliskannya antara lain sebagai berikut: (1) *Mathematical Problem Solving and Primary School Children: Some Essential Issues*. *GUNMA University Journal: Vol. 18 h.47-62, 2001* (ditulis bersama Izumi Nishitani, Kiyoshi Koseki, dan Koichiro Otake), (2) *Classroom-Based Studies on Teaching Mathematical Thinking and Problem-Solving in Japan and Possible Implementations in Indonesian School Mathematics*. Artikel Jurnal yang diterbitkan oleh *Japan Society of Mathematical Education. Vo. 8 No. 1, June 2001*. (3) *A Review of Process Variable Studies in the Area of Mathematical Problem Solving*. Artikel Jurnal yang diterbitkan oleh *Japan Society of Mathematical Education. June 2003*.

Kegiatan penelitian yang pernah dan sedang dilakukannya antara lain sebagai berikut: (1) Sebagai anggota peneliti dalam penelitian Hibah Bersaing berjudul "Pengembangan Model Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Matematik Tingkat Tinggi Siswa SD" tahun 1998-2000, (2) Sebagai anggota peneliti dalam penelitian yang dibiayai Dikdasmen berjudul "Pengkajian Kurikulum dan Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar" tahun 2002-2003, (3) Sebagai peneliti utama dalam penelitian Hibah Bersaing berjudul "Pengembangan Bahan Ajar dan Kerangka Kerja Pedagogis Matematika untuk Menumbuhkembangkan Kemampuan Berpikir Matematik Tingkat Tinggi Siswa SLTP" tahun 2003-2005, (4) Sebagai peneliti utama dalam penelitian Hibah Bersaing dengan judul "Pengembangan model komunitas riset matematika di Perguruan Tinggi" tahun 2008-2010. Selain itu, melalui aktivitas *lesson study* di Kabupaten Sumedang dan Karawang dia juga secara aktif melakukan pengkajian *tacit knowledge* bersifat didaktis maupun pedagogis dalam bidang MIPA.

Kegiatan ilmiah yang pernah diikutinya antara lain sebagai berikut:

- Peserta Seminar tentang "*Language and Social Problems*", diselenggarakan oleh PPIA Australia, 26 September 1995
- Peserta Konferensi Internasional tentang "*Curriculum*", diselenggarakan oleh Australian Curriculum Studies Association, 11-14 Juli 1995.
- Peserta seminar tentang "*Developing Human Resources in Indonesia Through Education*". Diselenggarakan oleh PPIA Australia, 22 Juni 1996.

- Penyaji makalah berjudul “*A Review of Recent Research in The Area of Mathematics Problem Solving*” pada seminar yang diselenggarakan PPIA Australia, 22 Juni 1996
- Psererta Konperensi Internasional tentang: *Technology in Mathematics Education* . Diselenggarakan oleh Mathematics Education Research Group of Australia, Juni 1996.
- Peserta Konperensi Internasional tentang “*Mathematics Education in Changing Times*” . Diselenggarakan oleh Mathematics Education Lectures’ Association, Juli 1996 di Melbourne Australia.
- Penyaji makalah berjudul “*Beberapa Isu Menarik Mengenai Pendidikan di Amerika dan Australia*” di FPMIPA IKIP Bandung, 1996.
- Penyaji Mangalah berjudul “*Pembelajaran Terpadu dan Pemecahan Masalah Matrematika Sebagai Suatu Alternatif Untuk Menghadapi Abad 21*” pada seminar yang diikuti oleh guru-guru sekolah menengah di Jawa Barat, 1996.
- Peserta Konperensi Internasional tentang “*Issues in Education of Pluralistic Society and Responses to the Global Challenges toward the Year 2020*”. Diselenggarakan oleh IKIP Bandung dan LA TROBE Univesity Australia, 11-13 November 1996.
- Penyaji Makalah berjudul “*Mengembangkan Kemampuan Berpikir Matematik Tingkat Tinggi Melalui Kegiatan Pemecahan Masalah di Sekolah Dasar*” pada seminar nasional yang diselenggarakan Universitas Negeri Yogyakarta, 21 April 2001.
- Peserta Konferensi internasional Psychology of Mathematics Education-24 di Hiroshima Jepang tahun 2000.
- Peserta Konferensi Internasional ICME-9 di Makhuhari Tokyo Jepang, tahun 2000.
- Anggota Pengembang soal dan Tim Juri pada Olimpiade Matematika SD Tingkat Nasional dan Tingkat ASEAN tahun 2003.
- Anggota Pengembang soal dan Tim Juri pada Olimpiade Matematika SD Tingkat Nasional dan Internasional tahun 2004 sampai sekarang.
- Penyaji pada Conferensi Internasional bertema *Best Practises on Mathematics and Science Teaching* dengan peserta perwakilan negara-negara APEC di Tokyo Jepang tahun 2006.
- Sebagai salah seorang pembicara kunci pada Konferensi Guru Matematika yang diselenggarakan Asosiasi Guru Matematika Indonesia tahun 2007.
- Sebagai pembicara undangan pada Konferensi Guru Indonesia dengan judul “*School Community Culture*” yang diselenggarakan Sampoerna Foundation Teacher Institute, tahun 2007.
- Diundang untuk menyajikan makalah berjudul “*Critical Issues on Mathematical Communication: Lesson Learned from Lesson Study Activities in Indonesia*” yang diselenggarakan oleh ICRME-APEC di Thailand tahun 2008.