

Penelitian Pembelajaran Matematika Untuk Pembentukan Karakter Bangsa

Oleh :

Didi Suryadi

Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

Abstrak

Karakter bangsa yang menjadi tujuan pendidikan nasional adalah karakter cerdas yang dilandasi nilai-nilai keimanan, ketakwaan, dan ahlak mulia. Pembelajaran matematika yang berorientasi pada pengembangan potensi olah pikir peserta didik, sangat strategis berkontribusi pada pencapaian tujuan tersebut. Salah satu alternatifnya adalah melalui penelitian pembelajaran yang berorientasi pada peningkatan kualitas disain didaktis. Penelitian tersebut antara lain meliputi kajian tentang proses berpikir guru yang terjadi pada tiga fase yaitu sebelum pembelajaran, pada saat pembelajaran berlangsung, dan setelah pembelajaran. Hasil analisis dari proses tersebut berpotensi menghasilkan disain didaktis inovatif, dan ketiga proses tersebut dapat diformulasikan sebagai rangkaian langkah untuk menghasilkan disain didaktis baru. Rangkaian aktivitas tersebut diformulasikan sebagai Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research (DDR)*. Penelitian Disain Didaktis pada dasarnya terdiri atas tiga tahap yaitu: (1) analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran yang wujudnya berupa Disain Didaktis Hipotetis termasuk ADP, (2) analisis metapedadidaktik, dan (3) analisis retrospektif yakni analisis yang mengaitkan hasil analisis situasi didaktis hipotetis dengan hasil analisis metapedadidaktik. Dari ketiga tahapan ini akan diperoleh Disain Didaktis Empirik yang tidak tertutup kemungkinan untuk terus disempurnakan melalui tiga tahapan *DDR* tersebut.

Pendahuluan

Untuk mengkaji peran pembelajaran matematika dalam pembentukan karakter bangsa, terlebih dahulu perlu diperhatikan apa yang diamanatkan UUD 1945 tentang pendidikan. UUD 1945 (versi Amendemen), Pasal 31, ayat 3 menyebutkan, "Pemerintah mengusahakan dan menyelenggarakan satu sistem pendidikan nasional, yang meningkatkan *keimanan dan ketakwaan serta ahlak mulia dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa*, yang diatur dengan undang-undang". Pernyataan ini secara eksplisit mengisyaratkan bahwa tujuan pendidikan nasional adalah untuk membangun kehidupan bangsa yang cerdas berlandaskan atas nilai-nilai keimanan, ketakwaan, serta ahlak mulia. Dengan demikian, karakter bangsa yang ingin kita bangun melalui pendidikan adalah karakter *cerdas* yang didasari nilai keimanan, ketakwaan, dan ahlak mulia. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kecerdasan dimaknai sebagai kesempurnaan perkembangan akal budi; ketajaman pikiran; serta kesempurnaan pertumbuhan fisik.

Dalam Undang Undang Nomor 20 tahun 2003 pasal 3, antara lain disebutkan bahwa pendidikan nasional bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Pengembangan potensi peserta didik tersebut meliputi tataran individu, kolektif, maupun untuk kepentingan eksistensi bangsa.

Mengingat tujuan pendidikan nasional adalah untuk mengembangkan potensi peserta didik agar berkarakter cerdas, sementara pembelajaran matematika berkaitan dengan pengembangan potensi peserta didik dalam berolah pikir, maka pembelajaran matematika memiliki potensi besar dan strategis dalam pencapaian tujuan pendidikan nasional tersebut. Agar pembelajaran matematika dapat berkontribusi secara nyata dalam pencapaian tujuan tersebut, maka kita perlu mengidentifikasi faktor-faktor utama

yang perlu menjadi fokus kajian khususnya yang berkaitan dengan penelitian pembelajaran matematika.

Tradisi penelitian pembelajaran matematika yang berkembang saat ini cenderung berorientasi pada pengembangan metoda pembelajaran dengan harapan dapat ditemukan cara terbaik untuk membantu peserta didik belajar matematika. Hal ini tentu saja perlu mendapat perhatian serius karena apabila kita hanya berfokus pada cara atau metoda pembelajaran dan kurang memperhatikan kualitas materi ajarnya, maka tujuan yang ingin dicapai tersebut mungkin akan sulit diwujudkan. Dapat kita pahami, bahwa metoda saja yang baik dengan materi ajar kurang berkualitas, maka hasilnya tentu tidak bisa diharapkan optimal. Akan tetapi apabila materi ajarnya berkualitas dan metodanya tepat, maka hasilnya tentu bisa diharapkan lebih optimal. Apa lagi jika pembelajaran matematika tidak hanya diarahkan pada penguasaan kemampuan matematikanya, melainkan juga pada pembentukan karakter bangsa, maka tentu perlu ada rancangan khusus terutama terkait materi ajar dan interaksi kelasnya sehingga karakter cerdas yang diharapkan berkembang benar-benar bisa terwujud sesuai harapan.

Secara sederhana, fokus kajian penelitian pembelajaran matematika dapat terkait dengan hubungan tiga aspek yakni guru, siswa, dan materi ajar yang membentuk sebuah tripartit guru-siswa-matematika. Keberhasilan pembelajaran antara lain terkait erat dengan disain bahan ajar (disain didaktik) yang dikembangkan guru. Karena obyek matematika bersifat abstrak dan aktivitas bermatematika terjadi secara mental, maka proses pendisainan bahan ajarnya perlu mempertimbangkan proses berpikir tentang konsep yang akan diajarkan khususnya dari sudut pandang matematikawan, guru matematika, dan orang yang belajar matematika. Selain itu, karena pembelajaran yang dikembangkan diorientasikan pada pembentukan karakter cerdas, maka potensi terkait siswa dan matematika juga perlu menjadi fokus kajian dalam proses pengembangan disain.

Karakter cerdas yang menjadi orientasi utama dari pembelajaran matematika menurut tujuan pendidikan yang dituntut undang undang, didasarkan atas nilai-nilai tertentu yang juga perlu menjadi fokus kajian guru maupun para peneliti. Karena pembelajaran terjadi pada konteks sosial, maka nilai-nilai yang relevan dengan pembelajaran matematika sebenarnya sangat memungkinkan dikembangkan melalui interaksi sosial yang bisa terjadi melalui pembelajaran. Dengan demikian, disain interaksi (hubungan pedagogis) merupakan hal penting yang layak menjadi fokus kajian penelitian pembelajaran matematika.

Berdasarkan uraian di atas, karakter cerdas yang menjadi tujuan pendidikan di Indonesia, antara lain dapat diupayakan melalui pembelajaran matematika. Dengan demikian, penelitian yang berorientasi pada pengembangan kualitas materi ajar matematika dan diharapkan dapat mendorong optimalisasi potensi siswa, perlu menjadi alternatif yang dipertimbangkan. Salah satu yang penulis tawarkan melalui seminar ini adalah Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research* (DDR).

Tiga Fase Berpikir Guru

Proses berpikir guru dalam konteks pembelajaran terjadi pada tiga fase yaitu sebelum pembelajaran, pada saat pembelajaran berlangsung, dan setelah pembelajaran. Kecenderungan proses berpikir sebelum pembelajaran yang lebih berorientasi pada penjabaran tujuan berdampak pada proses penyiapan bahan ajar serta minimnya antisipasi terutama yang bersifat didaktis. Penyiapan bahan ajar pada umumnya hanya didasarkan pada model sajian yang tersedia dalam buku-buku acuan tanpa melalui

proses rekontekstualisasi dan repersonalisasi. Padahal, sajian materi matematika dalam buku acuan, baik berupa uraian konsep, pembuktian, atau penyelesaian contoh masalah, sebenarnya merupakan sintesis dari suatu proses panjang yang berakhir pada proses dekontekstualisasi dan depersonalisasi. Selain itu, proses belajar matematika yang cenderung diarahkan pada berpikir imitatif, berdampak pada kurangnya antisipasi didaktis yang tercermin dalam persiapan yang dilakukan guru. Rencana pembelajaran biasanya kurang mempertimbangkan keragaman respon siswa atas situasi didaktis yang dikembangkan sehingga rangkaian situasi didaktis yang dikembangkan berikutnya kemungkinan besar tidak lagi sesuai dengan keragaman lintasan belajar (*learning trajectory*) masing-masing siswa. Lebih jauh, proses belajar matematika yang idealnya dikembangkan mengarah pada proses re-dekontekstualisasi dan re-depersonalisasi belum menjadi pertimbangan utama bagi para guru di lapangan.

Kurangnya antisipasi didaktis yang tercermin dalam perencanaan pembelajaran, dapat berdampak kurang optimalnya proses belajar bagi masing-masing siswa. Hal tersebut antara lain disebabkan sebagian respon siswa atas situasi didaktik yang dikembangkan di luar jangkauan pemikiran guru atau tidak tereksplor sehingga kesulitan belajar yang muncul beragam tidak direspon guru secara tepat atau tidak direspon sama sekali yang akibatnya proses belajar bisa tidak terjadi.

Salah satu upaya guru untuk meningkatkan kualitas pembelajaran adalah melalui refleksi tentang keterkaitan rancangan dan proses pembelajaran yang sudah dilakukan. Jika pembelajaran yang dikembangkan lebih berorientasi pada pencapaian tujuan, maka substansi refleksi cenderung berorientasi pada hal tersebut, sehingga permasalahan terkait keragaman proses, hambatan, dan lintasan belajar siswa bisa jadi bukan merupakan substansi utama dari refleksi tersebut. Dengan demikian, alternatif situasi didaktis dan pedagogis yang ditawarkan untuk perbaikan belum tentu merupakan hal yang sesuai dengan kebutuhan belajar siswa.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan terkait proses berpikir guru dalam ketiga fase tersebut, pada tulisan ini akan diformulasikan sebuah metodologi penelitian disain didaktis dalam pengembangan pembelajaran matematika. Tulisan akan diawali uraian tentang proses berpikir dalam pelaksanaan pembelajaran yang kemudian akan disebut sebagai analisis metapedadidaktik. Berdasarkan uraian ini selanjutnya akan diformulasikan langkah-langkah dasar dari Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research* (DDR).

Metapedadidaktik

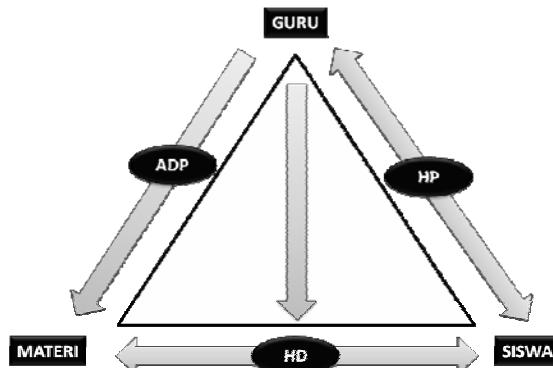
Berdasarkan hasil penelitian Suryadi (2005) tentang pengembangan berpikir matematis tingkat tinggi melalui pendekatan tidak langsung, terdapat dua hal mendasar yang perlu pengkajian serta penelitian lebih lanjut dan mendalam yaitu hubungan siswa-materi dan hubungan guru-siswa. Dalam penelitian tersebut 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).

Dalam penelitian tersebut, aspek-aspek mendasar sekitar proses pembentukan obyek mental baru belum dikaji secara lebih mendalam dari sudut pandang teori situasi didaktis sebagaimana yang dikemukakan Brousseau (1997). Menurut teori ini, tindakan didaktis 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 disebut 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 penulis, 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 1*).

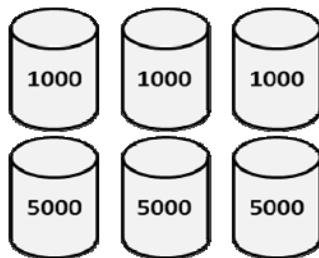


Gambar 1. Segitiga Didaktis yang Dimodifikasi

Peran guru paling utama dalam konteks segitiga didaktis ini adalah menciptakan suatu situasi didaktis (*didactical situation*) sehingga terjadi proses belajar dalam diri siswa (*learning situation*). 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 dinamis, 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.

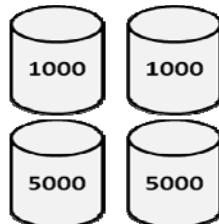
Untuk menggambarkan penjelasan di atas dalam situasi nyata, berikut akan diilustrasikan sebuah kasus pembelajaran matematika di SMP dengan materi ajar faktorisasi. Berdasarkan skenario yang dirancang guru, pembelajaran diawali sajian masalah sebagai berikut. Tersedia tiga gelas masing-masing berisi uang 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 2*) yang cukup terstruktur sehingga situasi didaktis yang dirancang mampu mendorong proses berpikir kearah yang diharapkan.



Gambar 2. 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 3*) yang serupa seperti gambar sebelumnya.

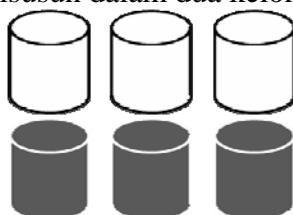


Gambar 3. Ilustrasi Masalah Kedua

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 4*).



Gambar 4. 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 teramat, 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) $3 \text{ } \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{ } \end{array} + 3 \text{ } \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{ } \end{array}$

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 keabstrakkan 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.

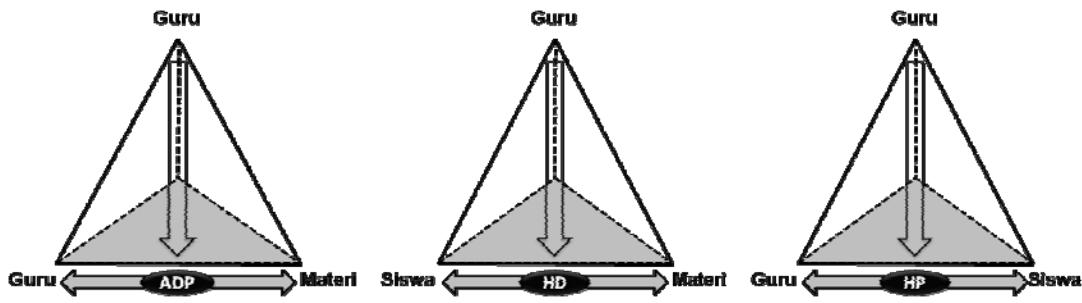
Ada beberapa catatan menarik berkenaan dengan situasi pedagogis yang dikembangkan dan perlu digaris bawahi. Pertama, setting kelas berbentuk U dengan siswa duduk secara berkelompok (empat atau tiga orang). Setting kelas seperti ini ternyata dapat menciptakan situasi pedagogis lebih kondusif karena mobilitas 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 *collaborative 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.

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 5*).



Gambar 5. 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 gurusiwa.

Komponen kedua dari metapedadidaktik adalah fleksibilitas. Skenario, prediksi repons 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 memampuan sesuai 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 didaktispun 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.

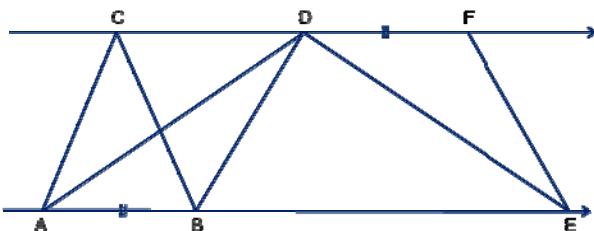
Gagasan tentang *tacit pedagogical knowing* dalam konteks profesionalitas guru yang diteliti oleh Toom (2006) memberikan gambaran bahwa *tacit pedagogical knowledge* yang diperoleh guru selama melaksanakan proses pembelajaran merupakan pengetahuan sangat berharga sebagai bahan refleksi untuk perbaikan 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.

Didactical Design Research (DDR)

Proses pengembangan situasi didaktis, analisis situasi belajar yang terjadi sebagai respon atas situasi didaktis yang dikembangkan, serta keputusan-keputusan yang diambil guru selama proses pembelajaran berlangsung, menggambarkan bahwa proses berpikir guru yang terjadi selama pembelajaran tidaklah sederhana. Agar proses tersebut dapat mendorong terjadinya situasi belajar yang lebih optimal, maka diperlukan suatu upaya maksimal yang harus dilakukan sebelum pembelajaran. Upaya tersebut telah digambarkan di atas sebagai Antisipasi Didaktik dan Pedagogis (ADP). ADP pada hakekatnya merupakan sintesis hasil pemikiran guru berdasarkan berbagai kemungkinan yang diprediksi akan terjadi pada peristiwa pembelajaran.

Salah satu aspek yang perlu menjadi pertimbangan guru dalam mengembangkan ADP adalah adanya *learning obstacles* khususnya yang bersifat epistemologis (*epistemological obstacle*). Menurut Duroux (dalam Brouseau, 1997), *epistemological obstacle* pada hakekatnya merupakan pengetahuan seseorang yang hanya terbatas pada konteks tertentu. Jika orang tersebut dihadapkan pada konteks berbeda, maka pengetahuan yang dimiliki menjadi tidak bisa digunakan atau dia mengalami kesulitan untuk menggunakannya. Sebagai contoh, seseorang yang pada awal belajar konsep segitiga hanya dihadapkan pada model konvensional dengan titik puncaknya di atas dan alasnya di bawah, maka *concept image* yang terbangun dalam pikiran siswa adalah bahwa segitiga tersebut selalu harus seperti yang digambarkan. Ketika suatu saat dia dihadapkan pada permasalahan berbeda, maka kemungkinan besar kesulitan yang tidak diharapkan akan muncul. Sebagai contoh, ketika sejumlah mahasiswa tingkat pertama dihadapkan pada soal di bawah ini, tidak seluruhnya bisa menjawab dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan yang dimiliki seseorang tidak selamanya dapat diterapkan pada sembarang konteks.



Pada gambar di atas, terdapat segitiga ABC , ABD , dan segitiga DEF . Garis CF dan AE sejajar. Segitiga manakah yang luasnya paling besar?

Dengan mempertimbangkan adanya *learning obstacle* ini, maka dalam merancang situasi didaktis terkait konsep segitiga (termasuk luas daerahnya), perlu

diperkenalkan beberapa model segitiga yang bervariasi. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya *learning obstacle* yang mungkin muncul dikemudian hari.

Proses pengembangan situasi didaktis, analisis prediksi respon siswa atas situasi didaktis yang dikembangkan, serta pengembangan ADP, menunjukkan pengembangan rencana pembelajaran sebenarnya tidak hanya terkait dengan masalah teknis yang berujung pada terbentuknya RPP. Hal tersebut lebih menggambarkan suatu proses berpikir sangat mendalam dan komprehensif tentang apa yang akan disajikan, bagaimana kemungkinan respon siswa, serta bagaimana kemungkinan antisipasinya. Proses berpikir yang dilakukan guru tidak hanya terbatas pada fase sebelum pembelajaran, melainkan juga pada saat pembelajaran dan setelah pembelajaran terjadi.

Aktivitas *Lesson Study* yang meliputi tiga langkah *Plan, Do, and See* sebenarnya dapat dikaitkan dengan proses berpikir guru pada tiga fase yaitu sebelum, pada saat, dan setelah pembelajaran. Proses berpikir sebelum pembelajaran dapat difokuskan pada pengembangan disain didaktis yang merupakan suatu rangkaian situasi didaktis. Analisis terhadap disain tersebut akan menghasilkan ADP. Proses berpikir pada saat pembelajaran pada hakekatnya merupakan analisis metapedadidaktik yakni analisis terhadap rangkaian situasi didaktis yang berkembang di kelas, analisis situasi belajar sebagai respon siswa atas situasi didaktis yang dikembangkan, serta analisis interaksi yang berdampak terhadap terjadinya perubahan situasi didaktis maupun belajar. Refleksi yang dilakukan setelah pembelajaran, menggambarkan pikiran guru tentang apa yang terjadi pada proses pembelajaran serta kaitannya dengan apa yang dipikirkan sebelum pembelajaran terjadi.

Menyadari bahwa proses berpikir yang dilakukan guru terjadi pada tiga fase, dan hasil analisis dari proses tersebut berpotensi menghasilkan disain didaktis inovatif, maka ketiga proses tersebut sebenarnya dapat diformulasikan sebagai rangkaian langkah untuk menghasilkan suatu disain didaktis baru. Dengan demikian, rangkaian aktivitas tersebut selanjutnya dapat diformulasikan sebagai Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research (DDR)*. Penelitian Disain Didaktis pada dasarnya terdiri atas tiga tahapan yaitu: (1) analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran yang wujudnya berupa Disain Didaktis Hipotetis termasuk ADP, (2) analisis metapedadidaktik, dan (3) analisis retrosfektif yakni analisis yang mengaitkan hasil analisis situasi didaktis hipotetis dengan hasil analisis metapedadidaktik. Dari ketiga tahapan ini akan diperoleh Disain Didaktis Empirik yang tidak tertutup kemungkinan untuk terus disempurnakan melalui tiga tahapan *DDR* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ben-Zeev, T. Dan Star, J.(2002). *Intuitive Mathematics: Theoretical and Educational Implications*. Michigan: University of Michigan
- Brouseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situation in Mathematics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- 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

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