

Terjemahan dari

Developing Metacognitive and Discursive Activities in Indonesian Maths Teaching – Results of a feasibility study. Dipublikasikan di *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education (IndoMS –JME)* 3(1) 2012.

PENGEMBANGAN KEGIATAN METAKOGNIF DAN DISKURSIF DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DI INDONESIA

Laporan Hasil Studi Kelayakan

Christa Kaune, Elmar Cohors-Fresenborg (Institut für Kognitive Mathematik, Universität Osnabrück, Germany), Edyta Nowinska (Institute MATHEsis, Pyzdry, Poland), Yansen Marpaung, Novi Handayani (Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta)

Abstrak

Artikel ini merupakan laporan hasil studi kelayakan kerjasama Jerman-Indonesia. Melalui studi kelayakan ini akan diteliti apakah pelaksanaan pilot studi yang lebih luas dapat memberikan hasil yang positif. Tujuan dari pilot studi ini adalah untuk meningkatkan kemampuan matematika siswa di sekolah menengah kelas 7, dengan meningkatkan jumlah siswa yang benar-benar paham konsep dan metode yang diajarkan di kelas. Untuk itu telah didesain dan diujicobakan perangkat pembelajaran untuk pengenalan bilangan bulat dengan menonjolkan aspek kegiatan metakognif dan diskursif. Dalam artikel ini disajikan landasan teori yang digunakan untuk merancang tes pembandingan, contoh dari tugas yang diberikan kepada siswa, dan beberapa contoh hasil kerja siswa.

Kata kunci: Metakognisi, Microworld, mental model, metafor, bilangan bulat

PENGANTAR

Sejak tanggal 1 Oktober sampai dengan akhir Desember 2010 telah diselenggarakan studi kelayakan (*feasibility study*) oleh pendidik matematika Universitas Sanata Dharma (Yogyakarta) dan Universitas Osnabrück dalam proyek kerjasama „Peningkatan kegiatan metakognif dan diskursif dalam pembelajaran matematika di Indonesia (MeDIM)“. Melalui studi ini akan diteliti apakah pelaksanaan pilot studi yang lebih intensif dapat memberikan hasil yang positif dalam meningkatkan ketrampilan matematika siswa di kelas 7 sekolah menengah, bahwa sebagian besar dari siswa benar-benar mampu memahami konsep dan prosedur matematika. Dalam pilot study di kelas eksperimen, telah diujicobakan perangkat pembelajaran yang bertujuan untuk membangun kultur pembelajaran yang baru, yang berdasarkan pada dua hal:

1. Prioritas untuk pengembangan mental model yang berkelanjutan (tentang bilangan bulat dan manipulasi aljabar) sebelum mediasi untuk penguasaan dan latihan berhitung
2. Meningkatkan kegiatan metakognitif dan diskursif dalam kelas.

Studi kelayakan ini dirancang untuk menguji desain implementasi dan desain evaluasi. Artikel ini akan berfokus pada desain evaluasi dan hasil analisisnya. "Hasil evaluasi" berarti akibat dari tindakan yang dirancang (isi dan metode pengajaran) pada

proses belajar-mengajar dan hasilnya. Dalam makalah ini kami lebih berkonsentrasi pada hasil (keterampilan matematika siswa). Sebuah analisis mendalam tentang situasi belajar-mengajar akan dipublikasi lebih lanjut.

PELAKSANAAN DAN HASIL DARI STUDI KELAYAKAN

Tentang konsep didaktik matematika, latar belakang teoritis yang digunakan untuk merancang lingkungan belajar (lihat lihat Kaune & Cohors-Fresenborg, 2011), beberapa contoh tugas dan hasil kerja siswa hasil pelaksanaan pilot studi ini telah dilaporkan dalam Kaune, Cohors-Fresenborg & Nowinska (2011). Demikian juga, direncanakan untuk mendokumentasikan desain dari studi pilot ini.

Perangkat belajar yang telah didesain ini diujicobakan di sebuah Sekolah Menengah Pertama di kelas 7 di Yogyakarta. Sebagai bagian dari studi kelayakan ini, implementasi dari desain didiskusikan dan diperjelas, variabel mana yang mempengaruhi keberhasilan proses implementasi.

Setelah uji coba selesai dilaksanakan (26 jam pelajaran, masing-masing 90 menit), pada bulan Agustus 2010, di kelas eksperimen dan di kelas kontrol diberikan tes pembandingan. Saat tes dilaksanakan, kedua kelas telah mendapatkan pelajaran matematika dengan jumlah jam yang sama. Ini berarti bahwa siswa di kelas eksperimen mendapatkan muatan ajar lebih banyak, yang sekilas tidak sesuai dengan kurikulum. Di sisi lain, kelas ini juga mendapatkan waktu yang lebih sedikit untuk mempraktikkan teknik berhitung.

Pengembangan soal tes

Tes evaluasi bertujuan untuk menilai kemampuan siswa untuk menghitung dengan bilangan bulat dalam berbagai cara. Ketertarikan lebih lanjut adalah mengamati, dalam situasi yang bagaimana siswa menggunakan model yang ditawarkan pada buku teks saat mereka melakukan perhitungan. Selain itu tes akan menilai kompetensi mereka dalam operasi matematika, yang dianggap penting di luar topik "operasi pada bilangan bulat". Hal tersebut meliputi adalah kemampuan untuk menyisipkan bilangan dan bentuk aljabar untuk pengganti variabel dalam aturan perhitungan, mematuhi aturan sintaksis saat menulis ekspresi matematika dan pemahaman siswa terhadap arti aturan perhitungan yang diajarkan.

Tugas harus dibangun sedemikian rupa sehingga siswa dari kelas kontrol juga dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu setiap istilah dalam materi ajar yang hanya digunakan di kelas eksperimen (misalkan, kontrak untuk berhitung dengan bilangan bulat, membuktikan suatu teorema) harus dihindari. Tes dirancang terdiri dari lima tugas yang masing-masing

membutuhkan kemampuan yang berbeda dan tes harus diselesaikan dalam satu pelajaran (45 menit).

Tugas pertama terdiri dari empat latihan teknis yang menuntut perhitungan yang akurat, dengan menitikberatkan pada kebenaran hasil perhitungan.

1. Hitunglah.

a. $((-24) + (-34)) =$

b. $((4 + (-9)) + 16) =$

c. $(((-25) + 175) + 25) =$

d. $((123 + (-23)) - 100) =$

Dalam tugas yang kedua siswa diuji apakah mereka dapat melakukan proses substitusi bilangan pada variabel.

2. Kamu sudah mengenal aturan komutatif: $(a + b) = (b + a)$

a. Gantilah untuk $a = (-25)$ dan untuk $b = 15$.

b. Gantilah untuk $a = 16$ dan untuk $b = (-30)$.

Pada tugas ketiga dan keempat, ditinjau dua aspek: kompetensi argumentasi siswa dan penggunaan model untuk penanganan bilangan bulat, untuk fakta matematis berikut:

3. Jelaskan, mengapa $(0 + a) = a$.

4. Seorang siswa lupa, apakah lawan bilangan dari (-17) . Dia menduga bahwa lawan bilangannya dari (-17) adalah 17 atau $(-(-17))$. Bagaimana pendapatmu?

Pada tugas kelima, ditelaah kemampuan formalisasi siswa. Sedangkan di sub tugas b, siswa dituntut untuk melakukan penerapan hukum matematika.

5. Ada hubungan antara pengurangan dan penjumlahan. Jika kita mengurangi bilangan pertama dengan bilangan kedua, sama saja dengan jika kita menjumlahkan bilangan pertama dengan lawan dari bilangan kedua.

a. Tuliskan pernyataan tersebut dengan menggunakan variabel.

b. Hitunglah: $((-30) - 15) = \dots$

Hipotesa dan hasil

Terdapat 28 siswa di kelas eksperimen ini, dan 29 siswa di kelas kontrol. Dengan jumlah sampel yang sedikit ini, evaluasi statistik secara mendetil tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu analisa fokus dilakukan berdasarkan hasil kerja siswa, dengan mendeskripsikan hasil yang diperoleh siswa. Beberapa hipotesa yang dirumuskan dalam alat statistik berikut ini akan diterapkan dalam studi percontohan selanjutnya untuk mengevaluasi signifikansi statistik pernyataan kuantitatif.

Hipotesa 1: Siswa dari kelas eksperimen dapat berhitung lebih baik dari siswa dari kelas kontrol

Untuk mengkaji hipotesis kita analisa hasil jawaban siswa untuk latihan yang pertama. Pertama diperiksa apakah ada perbedaan signifikan pada kedua kelompok untuk hasil

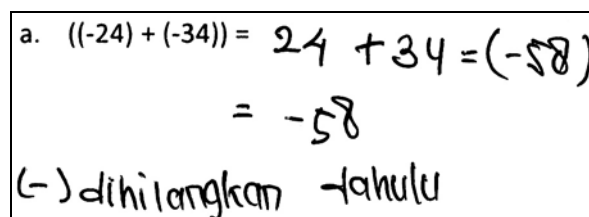
perhitungan yang benar. Untuk tujuan ini setiap hasil yang benar dinilai dengan satu poin, hasil yang salah dengan 0 poin. Sehingga seorang siswa dapat mencapai maksimal empat poin dalam satu tugas.

Pada latihan pertama terdapat 4 sub latihan. Karena jumlah siswa di kelas eksperimen adalah 29, maka maksimal total item benar adalah 116 (29 x 4). Dari 116 item tersebut, 96 soal terjawab benar, jadi sekitar 82,76% dari maksimal banyak item benar. Di kelas kontrol terdapat 28 siswa. Dengan demikian banyaknya item adalah 28 x 4, yaitu 112 item. Terdapat 77 jawaban benar dari 112 kemungkinan, jadi sekitar 68,75%. Untuk sub latihan setiap siswa di kelas eksperimen mencapai rata-rata lebih tinggi dari siswa di kelas kontrol. Dalam studi percontohan selanjutnya diharapkan bahwa perbedaan ini menjadi perbedaan yang signifikan.

Kita harapkan siswa tidak hanya mampu menghitung dengan benar tetapi juga mampu menjelaskan bagaimana mereka mendapatkan hasil perhitungan tersebut. Dalam desain lingkungan belajar-mengajar dalam proyek MeDIM ini, kita sangat memprioritaskan pemberian pelatihan kepada siswa untuk menjelaskan dan menalar. Meskipun dalam tes ini tidak secara eksplisit siswa dituntut untuk memberikan penjelasan dari jawabannya, banyak siswa memberikan tambahan untuk langkah-langkah perhitungan yang mereka lakukan.

Hipotesa 2: Walaupun tanpa ada permintaan dari soal, siswa dari kelas eksperimen lebih sering dari kelas kontrol untuk memberikan alasan untuk jawabannya dengan menyebutkan aturan yang sudah mereka ketahui

Untuk menverifikasi hipotesa di atas, digunakan juga jawaban siswa pada latihan pertama. Pada kelas kontrol, terdapat 4 jawaban dari 112 jawaban (4%) yang memberikan catatan yang menunjukkan alasan dari perhitungan yang dilakukan.

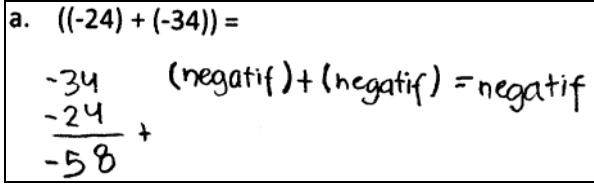


a. $((-24) + (-34)) = 24 + 34 = (-58)$
 $= -58$
(-) dihilangkan dahulu

Gambar 1: Aturan praktis yang digunakan di kelas kontrol

Di kelas eksperimen, terdapat 29 dari 116 jawaban (25%) yang menampilkan alasan. Tujuh diantaranya (6%) memberikan alasan dengan menggunakan aturan praktis seperti pada kelas kontrol, yang bukan merupakan tema dari pelajaran selama studi berlangsung.

Gambar 2 menunjukkan jawaban yang benar dari latihan 1a dengan alasan praktis “jumlah dari dua buah bilangan negatif adalah negatif”



a. $((-24) + (-34)) =$
$$\begin{array}{r} -34 \\ -24 \\ \hline -58 \end{array} +$$

(negatif) + (negatif) = negatif

Gambar 2: Aturan praktis yang digunakan di kelas eksperimen

Kami menjelaskan fenomena tersebut sebagai berikut. Penggunaan aturan sederhana seperti ini adalah fenomena yang lazim dalam pelajaran matematika. Namun selama pelajaran dalam studi ini aturan semacam itu tidak ditawarkan kepada siswa. Dari hasil tes ini terlihat bahwa siswa membangun sendiri aturan tersebut. Kualitas pendeskripsian aturan di kedua kelas tersebut juga berbeda.

Fakta bahwa siswa berusaha memberikan penjelasan atau alasan atas jawabannya walaupun itu tidak tertulis secara eksplisit di soal merupakan salah satu bukti perubahan budaya mengajar. Siswa diharapkan dapat memperkuat kemampuan metakognitifnya. Dengan demikian mereka mampu melakukan kontrol atas proses berpikir sendiri dan juga refleksi atas proses berpikir tersebut.

Dalam studi percontohan selanjutnya kita akan mengharapkan hasil yang sama, dengan perbedaan yang signifikan.

Sebagaimana diuraikan dalam Kaune, Cohors-Fresenborg & Nowinska (2011), saat merancang lingkungan belajar-mengajar dalam proyek MeDIM, penekanan khusus ditempatkan pada pengembangan mental model tentang bagaimana melakukan operasi pada bilangan bulat dan melakukan manipulasi aljabar dengan menggunakan microworld yang tepat. Model mental harus menjadi alat bagi peserta didik untuk melihat masalah-masalah matematika secara berarti.

Pertama pengalaman siswa dengan hutang dan kredit dan pengetahuan intuitif mereka bagaimana berurusan dengan hutang telah diperluas ke dalam sistem metafora "Kontrak aritmatika". Sistem metafora membentuk inti dari microworld pertama, di mana siswa memiliki kesempatan untuk mengatur fakta-fakta matematika. Microworld ini kemudian diperluas menjadi microworld kedua yang meliputi proses rekonstruksi pengetahuan intuitif yang peserta didik di kelas. Hasilnya pengalaman tersebut secara normatif berada dalam kontrak (sistem aksiomatik). Microworld ketiga adalah oleh permainan papan di mana gerakan pada garis bilangan yang dijalankan dengan potongan-potongan permainan.

Pada kelas kontrol tidak ada microworld, namun hanya diberikan contoh untuk bilangan negatif yang diambil dari kehidupan sehari-hari siswa. Walaupun contoh-contoh ini memberikan motivasi pengenalan bilangan bulat dan notasinya, namun tidak membantu siswa untuk membangun dasar mental model yang akan membantu mereka melakukan orientasi dalam matematika.

Hipotesa 3: Dalam perhitungan mereka, siswa di kelas kontrol hampir tidak memanfaatkan contoh yang terdapat di buku maupun di dalam pelajaran, namun siswa di kelas eksperimen menggunakan model yang ditawarkan untuk memperjelas fakta matematika

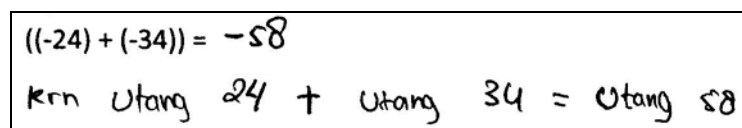
Untuk memverifikasi hipotesa ketiga ini kita akan menggunakan lagi jawaban siswa untuk latihan nomor satu. Dalam menyusun tes tersebut telah diusahakan untuk menghindari penggunaan kosa kata yang berhubungan dengan microworld. Pada kelas kontrol tidak diharapkan ditemukan jawaban siswa yang menggunakan microworld. Dalam jawaban siswa juga tidak ditemukan jawaban dari soal yang menggunakan contoh yang ditawarkan dari buku (suhu, skala). Hal ini menunjukkan bahwa siswa di kelas kontrol tidak dapat melihat keuntungan dari penggunaan contoh yang ditawarkan.

Situasi yang berbeda terjadi di kelas eksperimen. Terdapat 22 (dari 116) jawaban (19%) yang menggunakan konsep model microworld yang ditawarkan. Apakah dan berapa banyak siswa lain yang digunakan microworld tidak dapat diperkirakan. Untuk menjawab pertanyaan ini metode survei yang berbeda akan diperlukan dalam penelitian selanjutnya, yaitu wawancara atau kuesioner.

Analisa jawaban siswa yang menggunakan microworld

Dalam jawaban siswa ditemukan tiga model yang ditawarkan dalam dunia mikro: “Pembukuan kredit dan debit”, “Perjanjian”, dan “Permainan lompat di garis bilangan”.

Dalam kelas eksperimen terdapat sembilan jawaban yang menggunakan dunia mikro “Pembukuan kredit dan debit” sebagai alasan. Di bawah ini adalah contoh pekerjaan siswa yang benar dengan menggunakan notasi semiformal dalam dunia mikro “pembukuan”:


$$\begin{array}{l} ((-24) + (-34)) = -58 \\ \text{krn utang } 24 + \text{utang } 34 = \text{utang } 58 \end{array}$$

Gambar 3: Panta menggunakan dunia mikro “Pembukuan” sebagai alasan.

Bella juga menggunakan dunia mikro “pembukuan” untuk memberikan alasan pada perhitungannya, akan tetapi secara sintaks, perhitungannya tidak benar. Kemungkinan maksud dia “semua dihitung sebagai hutang”: $24 + 34 = 58$.

Hitunglah.

$$((-24) + (-34)) = -58$$

utang 24 + 34 = 58

Gambar 4: Catatan dunia mikro “Pembukuan”

Dian memberikan alasan dan penjelasan yang panjang lebar mengenai jawabannya untuk sub latihan c. Dia menggunakan cerita “pembukuan” menggambarkan bentuk aljabar.

d. $((123 + (-23)) - 100) = 0$

jadi dia pertamanya punya uang Rp 123 terus dia dapet setoran Debet/hutang sebanyak Rp 23 jadi $= (123 + (-23)) = 10$

terus setelah itu ia mengambil uang nya sebanyak Rp 100 jadi ia pertamanya habis mbayar utang terus uangnya tgl Rp 100 . terus ia mengambil uang sebanyak Rp 100 jadi uangnya nya Rp 0 deh....

Gambar 5: Alasan untuk hasil dalam dunia mikro “pembukuan”

Pada bagian berikut ini, jawaban siswa tersebut dianalisis sehubungan dengan pentingnya referensi untuk jumlah uang pada jawaban dari masalah matematika tersebut. Proses yang dilakukan Dian tidak dapat dikatakan sebagai proses aplikasi atau penerapan model begitu saja, sebab pada kehidupan sehari-hari jumlah uang Rp 123, Rp 23 dan Rp 100 tidak pernah ada. Dunia pembukuan telah beralih fungsi menjadi metafor, dimana Dian dapat memanfaatkannya untuk memperjelas fakta yang tidak secara langsung berhubungan dengan dunia nyata.

Disini juga terlihat bahwa siswa ini berusaha untuk berargumentasi secara konsisten. Setelah dia menjelaskan semua istilah dalam cerita pembukuan “jadi dia pertamanya punya uang Rp 123 terus dapet setoran debet/hutang sebanyak Rp 23 jadi $= (123 + (-23)) = 10$ terus setelah itu a mengambil uangnya sebanyak Rp 100”, dia kemudian kembali lagi menjelaskan hasil antara dalam perhitungannya: “jadi ia pertamanya habis mbayar utang terus uangnya tgl Rp 100“. Kemudian dia meneruskan penjelasannya “terus ia mengambil uang sebanyak Rp 100 jadi uangnya Rp 0 deh...”.

Dalam jawaban siswa ini, mengkaitkan matematika dengan realitas tidak berarti menjelaskan realitas dengan bantuan matematika, melainkan, pengalaman yang berhubungan dengan realitas digunakan sebagai metafor untuk memahami matematika yang abstrak. Penjelasan lebih lanjut ada dalam artikel sebelumnya (Kaune, Cohors-Fresenborg & Nowinska, 2011).

Microworld yang sering digunakan di kelas eksperimen adalah kesepakatan untuk berhitung bilangan bulat. Terdapat dua belas jawaban yang alasan ini pada perhitungannya, seperti pada contoh di gambar 4:

$$\begin{array}{l}
 a=4 \\
 b=(-9) \\
 c=16
 \end{array}
 \quad
 \text{b. } \left(\frac{(a+b)}{c} + 201 \right) = (4 + (-9) + 16) \quad A+$$

$$= 11 \quad *$$

Gambar 6: Alasan dengan menggunakan kesepakatan untuk berhitung

Andre mengingat kontrak dalam pikirannya, pertama hukum asosiatif. Notasi keseluruhan menunjukkan bahwa Andre benar-benar mengingatkan pasal (hukum asosiatif penjumlahan) yang telah disepakati di kelas: Pertama ada notasi a, b, c di bawah bentuk aljabar. Untuk menerapkan pasal pada persamaan, kita harus mengganti bentuk aljabar. Hal ini telah disepakati di kelas, dan digunakan tanda * untuk kesepakatan tersebut, seperti yang Andre tuliskan di sebelah kanan. Di sebelah kiri dia menuliskan pengganti bentuk aljabar yang sesuai. Sebagai kesimpulan, notasinya menunjukkan bahwa Andre benar-benar berorientasi dalam microworld "Kontrak" ketimbang hanya menuliskan alasan untuk suatu langkah perhitungan. Dengan menerapkan hukum asosiatif Andre dapat menentukan hasil positif $((-9) + 16)$ dengan cara yang lebih mudah daripada hasil negatif yang diberikan sub-bentuk aljabar $(4 + (-9))$.

Dalam 122 solusi untuk sub latihan 1b di kelas kontrol, terdapat hanya satu jawaban yang menggunakan aturan aritmatika.

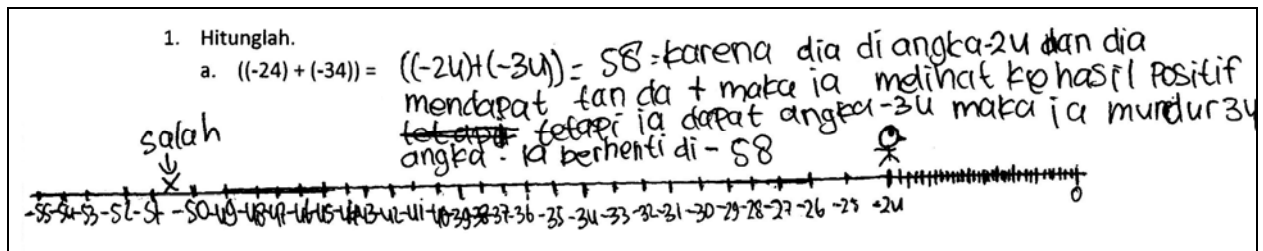
$$\begin{array}{l}
 \text{b. } ((4 + (-9)) + 16) = (4 - 9) + 16 \\
 = (-5) + 16 \\
 = 16 + (-5) \rightarrow \text{dibalik} \\
 = 11
 \end{array}$$

Gambar. 7: Sebuah komentar dengan penggunaan hukum komutatif "pertukaran"

Deskripsi hukum komutatif tersebut sangatlah sederhana dan tidak mewakili penggunaan microworld, di mana siswa memahami status hukum perhitungan / aksioma / hukum

aritmatika, tetapi merupakan justifikasi lokal dari langkah perhitungan melalui aturan yang dihafal.

Microworld "melompat pada garis bilangan" digunakan hanya sekali:



Gambar 8: Penambahan dua bilangan bulat, pembenaran dari hasil di MicroWorld "melompat pada garis bilangan"

Dodi menerjemahkan summand pertama pada posisi yang benar bagian pada papan permainan: "Dia di angka -24". Tanda fungsi penambahan ke posisi dadu fungsi tanda "ia mendapat + pada dadu tanda" diterjemahkan dengan benar: "maka dia melihat ke hasil (arah) positif." Yang kedua adalah summand lagi "Lalu dia mendapat -34 pada dadu angka" dan diterjemahkan: "Demikianlah ia bergerak 34 langkah mundur." Posisi akhir pada bagian tersebut ditentukan secara benar "ia berhenti di -58".

Ilustrasinya menunjukkan posisi awal dari gerakan dan langkah bermain. Lalu ia menggambar silang si antara angka 50 dan 51. Dia menyadari kesalahannya, dan tanda silangnya dituliskannya sebagai "salah". Hal ini menunjukkan bahwa dia telah melakukan proses monitor pada pekerjaannya. Dalam representasi aljabar (di baris pertama), sebaliknya, ia tidak memonitor aktivitasnya: Sebagai hasil dari perhitungan ia menuliskan 58, meskipun fakta bahwa 58 tidak terjadi baik dalam gambarnya maupun pada verbalisasi tentang permainan.

Jadi sebenarnya Dodi dapat memahami dan menyelesaikan soal tersebut, namun dia tidak melakukan proses monitor saat dia mengubah dari microworld yang dia pakai ke dalam bentuk aljabar.

Fakta bahwa hanya beberapa siswa memilih permainan sebagai mental model untuk perhitungan dimungkinkan karena angka yang terlibat dalam perhitungan besar, sehingga mereka kesulitan menggambarkan garis bilangnya. Selama pelajaran game ini terbukti sangat berguna bagi pengembangan dunia kedua untuk mental model. Untuk aplikasi teknis, bagaimanapun, microworld "Kontrak" jelas lebih mudah untuk dipanami terutama karena bentuk formalnya yang kompak.

Hipotesa 4: Siswa yang memberikan alasan dengan menggunakan microworld dapat memberikan hasil perhitungan dengan lebih tepat.

Tujuh dari 67 siswa menggunakan microworld untuk memberikan alasan pada perhitungannya. Dua puluh lima dari 28 jawab sub latihan dikerjakan dengan (89%). Dalam dua sub latihan yang lain, kesalahan terjadi saat menyalin jawaban yang sudah benar pada microworld namun keliru pada ekspresi aritmatikanya (lihat Gambar 8). Untuk evaluasi, mereka masih dianggap "salah". Sisanya, 60 siswa menjawab 154 dari 240 sub tugas dengan benar (60%).

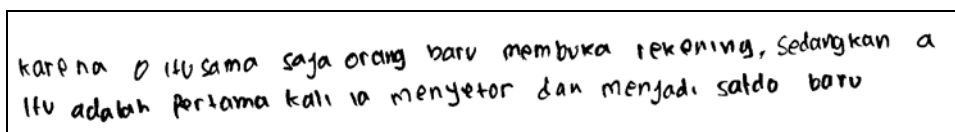
Meskipun dengan sampel yang kecil, perhitungan statistik menunjukkan bahwa terjadi perbedaan signifikan antara keduanya ($t(17,16) p = 2,36, <0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada salahnya untuk menelaah isu ini dalam sebuah studi percontohan yang lebih detail.

Kami menganggap bahwa kinerja yang lebih baik dapat dijelaskan oleh fakta bahwa pilihan spontan untuk microworlds cocok dapat dianggap sebagai indikasi proses monitor dan refleksi, yang dikenal dalam literatur untuk meningkatkan frekuensi solusi yang benar.

Jika pada hipotesis sebelumnya kita membahas keterampilan teknis siswa, hipotesis berikut kita rumuskan lebih pada penalaran matematis siswa.

Hipotesa 5: Siswa dari kelas eksperimen dapat melakukan argumentasi matematika lebih baik dari siswa dari kelas kontrol

Untuk membuktikan hipotesis ini, kita analisa hasil jawaban siswa untuk latihan ketiga. Tugasnya adalah untuk menjelaskan arti dari aturan $(0 + a) = a$. Para siswa di kelas eksperimen menunjukkan, dengan rata-rata 2,88 dari 4 poin, secara signifikan lebih baik daripada siswa di kelas kontrol, yang mencapai poin rata-rata 1,23, ($t(55) = 3,848, p <0,05$). Ini menunjukkan bahwa microworlds yang ditawarkan dalam kelas eksperimen telah ditelaah oleh siswa dan meningkatkan kemampuan mereka untuk berdebat matematis:



karpe na 0 itu sama saja orang baru membuka rekening, sedangkan a itu adalah pertama kali ia menyetor dan menjadi saldo baru

Gambar 9: Penjelasan Hosye dengan menggunakan cerita pembukuan

Hosye menafsirkan persamaan tersebut dengan mengacu pada microworld "Debet dan Kredit". Baginya persamaan menggambarkan transaksi pertama setelah pembukaan rekening bank. Berbeda dengan Hosye, dalam penjelasan Nina tidak dapat ditemukan referensi pada microworld "Debet dan Kredit", tetapi untuk microworld "Kontrak".

Itu sudah ada pasalnya (N^+)
 Jadi pasalnya : $N^+ = (0+a) = a$.
 Atau jika kita mulai dari 0 dan ditambah dengan a :
 Contoh: $0 + 12 = 12$.
 Jadi, jika 0 ditambah dgn. bilangan lain, hasilnya bilangan itu sendiri.

Gambar 10: Penjelasan Nina dengan Kontrak

N^+ , nama untuk paragraf yang disepakati di kelas, berasal dari microworld ini. 15 dari 29 siswa kelas uji mengacu pada pasal N^+ ini. Dengan demikian, microworld "Kontrak" adalah yang paling sering disebutkan dalam hubungannya dengan penjelasan dari aturan perhitungan.

Solusi Panta mencerminkan bahwa microworld "Kontrak" tidak terlepas dari microworld "Kredit and Debet". Karena ia mengacu pada fakta bahwa kontrak berfungsi untuk mengatur perilaku, orang dapat melihat bahwa dia benar-benar memahami apa yang dimaksud dengan menghitung sesuai kontrak.

~~kece~~ ~~ke~~ ~~die~~ ~~kepercayaan~~ ~~(0+0)~~ ~~(0+0)~~ ~~(0+0)~~
 Krn $(0+a) = a$ itu masuk di kepercayaan N^+ $\neq N^+$ itu ~~itu~~ ~~itu~~ membuka rekening baru.

Gambar 11: Panta menunjukkan persamaan dengan kontrak, dan juga penggunaan pasal yang disepakati dalam microworld "Kredit dan Debet"

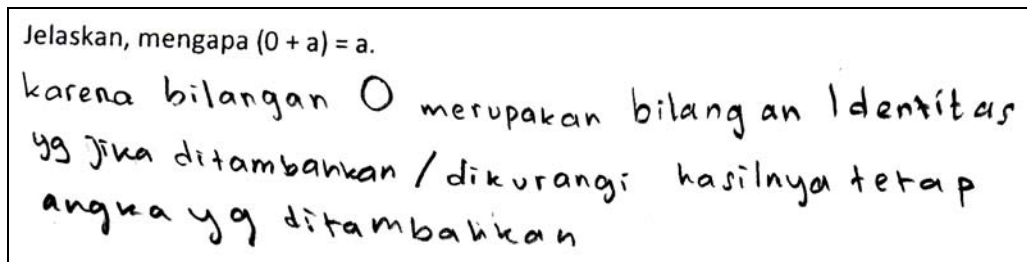
Kemungkinan-kemungkinan jawaban, seperti tiga solusi di atas, berasal microworld yang diperkenalkan pada proses pembelajaran selama uji coba proyek ini. Hal ini tidak dapat diakses untuk siswa kelas kontrol. Untuk menjelaskan aturan ini, mereka hanya bisa menggunakan contoh pengantar dalam buku teks (menggunakan timbangan), deskripsi sehari-hari sifat dari nol yang menjadi elemen netral penambahan, atau referensi langsung ke aturan yang dituliskan dalam kotak di dalam buku teks yang digunakan (Adinawan et al., 2006, S.10). 6 dari 28 siswa di kelas kontrol tidak menyelesaikan tugas dengan cara yang tepat, mereka mungkin tidak memahaminya.

Jelaskan, mengapa $(0 + a) = a$. karena 0 ada di tengah \neq ~~dan~~ ~~mines~~ dan plus
 jadi $0 + -3 = -3$ / $0 + 2 = 2$

Gambar 12: Contoh dari penjelasan yang tidak konsisten

Bagian pertama dari pernyataan Hugo "Karena 0 ada di tengah2 mines dan ples" mungkin mengacu pada posisi nol pada garis bilangan antara bilangan positif dan negatif. Contoh tersebut, bagaimanapun, tidak menunjukkan adanya kaitan dengan pernyataan sebelumnya. Dua belas siswa hanya memverbalisasi persamaan, tetapi tidak menjelaskannya. Dua siswa memberikan contoh untuk aturan formal.

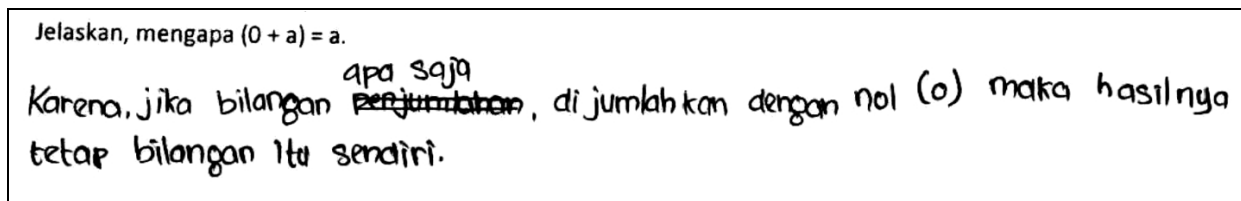
Hanya delapan siswa yang memberikan jawaban yang tepat untuk tugas tersebut, dua dari mereka Sebastianus:



Jelaskan, mengapa $(0 + a) = a$.
karena bilangan 0 merupakan bilangan identitas
yg jika ditambahkan / dikurangi hasilnya tetap
angka yg ditambahkan

Gambar 13: Jawaban Sebastianus

atau Agustina:



Jelaskan, mengapa $(0 + a) = a$.
Karena, jika bilangan ~~penjumlahan~~ ^{apa saja}, dijumlahkan dengan nol (0) maka hasilnya
tetap bilangan itu sendiri.

Gambar 14: Agustina memverbalisasi persamaan dalam bahasa sehari-hari

Kami menafsirkan jawaban Sebastianus dan Agustina sebagai verbalisasi yang memadai dari hukum yang digambarkan dalam sebuah kotak di dalam buku teks yang digunakan (Adinawan et al. 2006, h. 10).

Dalam penjelasan mereka, tidak ada siswa di kelas kontrol menggunakan contoh-contoh pengantar dari buku teks tentang bagaimana untuk melakukan operasi pada bilangan bulat. Contoh-contoh tersebut tidak membantu siswa untuk menjelaskan hukum aritmatika. Juga dalam buku kami menganalisis, contoh-contoh pengantar yang digunakan hanya menjelaskan keberadaan bilangan bulat, tetapi tidak untuk memperjelas aturan perhitungan. Kami simpulkan bahwa siswa di kelas eksperimen dapat merujuk dengan lebih baik untuk sebuah pasal atau aturan aritmatika dan penalaran matematis daripada siswa di kelas kontrol (15 dari 29 dibandingkan 8 dari 28). Selain itu, lima siswa di kelas eksperimen mengacu pada microworld "Kredit dan Debit" dalam argumentasi mereka.

Analisa hipotesis 5 menunjukkan potensi besar inovasi dalam penalaran matematis. Upaya untuk mengubah budaya pengajaran harus tercermin dalam jawaban dari siswa. Siswa

disarankan untuk memberikan alasan pada pernyataan mereka atau menuliskannya. Itu adalah tujuan dari latihan 4, untuk memeriksa apakah pelatihan ini menghasilkan efek positif.

Hipotesa 6: Siswa dari kelas eksperimen dapat berargumentasi lebih baik dalam matematika yang kompleks daripada siswa dari kelas kontrol

Untuk menjawab tugas:

Seorang siswa lupa, apakah lawan bilangan dari (-17). Dia menduga bahwa lawan bilangannya dari (-17) adalah 17 atau $(-(-17))$. Bagaimana pendapatmu?

Siswa harus mampu berargumentasi dengan cara yang kompleks berikut: Menurut prosedur yang telah dipelajari, seseorang mendapatkan invers dengan cara menulis tanda minus di depan bilangan yang diinverskan dan kemudian menempatkan bentuk aljabar tersebut dalam kurung, yaitu dengan mengubah (-17) menjadi $(-(-17))$, atau sesuai dengan teorema $(-(-a)) = a$ yang telah dibuktikan di kelas. Sehingga $(-(-17)) = 17$. Oleh karena itu dapat langsung dikonstruksi bahwa invers dari (-17) adalah $(-(-17))$, yang juga sama dengan 17. Siswa dari kelas kontrol juga bisa berpendapat atas dasar aturan perhitungan yang diperkenalkan dalam buku teks.

Hal ini diperlukan siswa untuk berargumentasi bahwa baik 17 maupun $(-(-17))$ adalah invers dari (-17). Sembilan dari 29 siswa di kelas eksperimen dan 2 dari 28 siswa di kelas kontrol menjawab demikian. Kedua kelas tersebut terlihat berbeda dalam memberikan atau tidak memberikan alasan untuk invers. Tidak seorang siswa pun yang menyebutkan perbedaan alasan dalam argumentasi ini, yaitu definisi di satu sisi dan sebuah teorema yang telah terbukti pada sisi lain. Kami menyadari bahwa di kedua kelas tersebut siswa sering tidak merespon dengan cara yang memadai untuk struktur logis dari pertanyaan, karena mereka memulai alasan mereka dengan "Ya, ini benar". Kami menganggap hal ini sebagai indikasi bahwa di sekolah, pertanyaan yang diajukan terlalu sering pertanyaan yang harus dijawab dengan ya atau tidak.

Analisis tugas 4 menunjukkan bahwa sangat bermanfaat untuk memasukkan latihan seperti ini dalam studi percontohan.

PANDANGAN

Sebagai hasil dari kelayakan itu dapat dinyatakan bahwa pilot studi skala luas dengan desain yang direncanakan sangat menjanjikan. Secara khusus, terlihat hasil nyata peningkatan pemahaman siswa untuk pembentukan konsep matematika dan kompetensi penalaran mereka. Ini adalah alasan mengapa kita mengajukan permohonan dukungan keuangan untuk suatu studi percontohan untuk amal organisasi katolik MISEREOR di Jerman. Sejak beberapa

sekolah di Jawa Tengah telah menyatakan minat mereka dalam berpartisipasi, MISEREOR menyetujui proyek ini. Studi percontohan dimulai pada pertama bulan April 2011.

LITERATUR

- Adinawan, M. Cholik et. al. (2006). *Mathematika untuk SMP KELAS VII Semester 1A*. Jakarta: Erlanger.
- Kaune, C. & Cohors-Fresenborg, E. (2011). *Perjanjian untuk Berhitung. Buku Kerja untuk Siswa Kelas 7*. Osnabrück: Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik.
- Kaune, C., Cohors-Fresenborg, E. & Nowinska, E. (2011). Development of metacognitive and discursive activities in Indonesian Maths Teaching. A theory based design and test of a learning environment. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education (IndoMS - JME)* 2(1): 15-39.