

## PENGEMBANGAN INSTRUMEN DAN BAHAN AJAR KALKULUS INTEGRAL MELALUI STRATEGI SCIENTIFIC DEBATE

### THE DEVELOPMENT OF INSTRUMENT AND INSTRUCTIONAL MATERIALS OF INTEGRAL CONCEPT BY SCIENTIFIC DEBATE STRATEGY

<sup>1</sup>Yani Ramdani, <sup>2</sup>Onoy Rohaeni, <sup>3</sup>Sandi Sumardi

<sup>1,2,4</sup>Fakultas Mipa, Universitas Islam Bandung

email : <sup>1</sup>yani\_ramdani@ymail.com; <sup>2</sup>onoyrohaeni@gmail.com; <sup>3</sup>sandisumardi94@gmail.com

**Abstract.** *The implementation of an integral concept in the real life was very broad, but the student' remains for it in the low category. The strategy of Scientific Debate was allegedly capable to enhance the students' ability in the integral concept. The most important part in the learning process of the Scientific Debate is learning materials and instruments as a means of evaluation. Learning materials and instruments are capable if can measure what should be measured and must have validity, reliability, have criterion power, and the difficulty index. The development of learning materials contains a dish concept, examples of routine and non-routine problem, to exercise routine and of nonroutine the question, to reserve application problem. The results of the trial of the instruments was obtained significance value 0.42 that is means the experts have weigh the validity of the content of grains of matter uniformly. The significance value of the question validity is 0.82 it means advance category from the language and images. The significance value of reliability is 0.87 that is included in the advance category. The analysis of the difficulty degree shows the problem number 7 categories difficult, problem number 1, 2, 4, and 6 categories quite, and the problem numbers 3 and 5 categories easily. Analysis of the classification of the criterion power show the problem numbers 1, 2, and 3 is good quite, the problem number 4, 6, and 7 are good, as well as the problem of the number 5 included is excellent.*

**Key words :** *instruments, scientific debate, validity, reliability, index of difficulty. 1*

**Abstrak.** *Penerapan konsep integral dalam kehidupan nyata sangatlah luas, tetapi pemahanan mahasiswa masih berada dalam kategori rendah. Strategi Scientific Debate diduga mampu meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam kalkulus integral. Bagian terpenting dalam proses pembelajaran Scientific Debate adalah bahan ajar dan instrumen sebagai alat evaluasi. Bahan ajar dan instrumen yang mampu mengukur apa yang semestinya diukur harus memenuhi validitas, reliabilitas, memiliki daya pembeda (DP), dan indeks kesukaran (IK) yang memadai. Pengembangan bahan ajar berisi sajian konsep, contoh soal rutin dan non-rutin, latihan soal rutin dan non-rutin, latihan soal aplikasi. Hasil uji coba instrumen diperoleh nilai signifikansi 0,42 artinya para penimbang telah menimbang validitas isi butir soal secara seragam. Nilai signifikansi validitas muka 0,82 artinya soal yang diujikan jelas dari sisi bahasa dan gambar. Nilai signifikansi reliabilitas 0,87 termasuk dalam kategori tinggi. Analisis tingkat kesukaran menunjukkan soal nomor 7 kategori sukar, soal nomor 1, 2, 4, dan 6 kategori sedang, dan soal nomor 3 dan 5 kategori mudah. Analisis klasifikasi daya pembeda menunjukkan soal nomor 1, 2, dan 3 termasuk cukup baik, soal nomor 4, 6, dan 7 baik, serta soal nomor 5 termasuk sangat baik.*

**Kata Kunci:** *instrumen, scientific debate, validitas, reliabilitas, indeks kesukaran*

## 1. Pendahuluan

Konsep integral banyak terlibat dalam situasi kehidupan nyata. Di Indonesia konsep integral diberikan pada siswa Sekolah Menengah Umum (SMU) kelas XII dan mata kuliah kalkulus untuk perguruan tinggi. Kemampuan yang diuji pada tingkat SMU meliputi: (1) menghitung integral tak tentu; (2) menghitung integral tertentu fungsi aljabar dan fungsi trigonometri; (3) menghitung luas daerah; dan (4) menghitung volume benda putar. Kemampuan yang diuji tersebut baru sampai pada tingkat pemahaman konsep dan merupakan tingkatan paling rendah dalam berfikir matematis. Hal ini dicirikan oleh: mengingat, menerapkan rumus secara rutin dalam kasus sederhana atau serupa, dan menghitung secara sederhana. Walaupun kemampuan yang diujikan masih dalam tingkat rendah, namun hasil belajar termasuk kategori rendah. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian Orton (2001) bahwa, nilai rata-rata materi integral memiliki nilai terendah yaitu 1.895 untuk tingkat persekolahan dan 1.685 untuk tingkat perguruan tinggi pada skala 0 s.d 4, dibandingkan dengan materi dalam kalkulus lainnya seperti: barisan, limit, dan turunan. Orton mengklasifikasi kesalahan dalam tiga kategori yaitu: (1) *Structural errors*; (2) *Arbitrary errors*; (3) *Executive errors*. Ramdani (2013) menyatakan bahwa pemahaman mahasiswa Indonesia dalam konsep integral belum mencapai batas tuntas secara kelompok dengan nilai rata-rata sebesar 59,20. Hasil penelitian Serhan (2015) menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki keterbatasan pemahaman tentang konsep integral tentu. Shafia (2005) mengatakan bahwa kesulitan untuk memahami konsep integral dapat ditangani oleh guru di sekolah dengan memperkenalkan integral sebagai anti turunan. Menurut Sabella & Redish (2011) kebanyakan mahasiswa di perguruan tinggi pada kelas konvensional memiliki pemahaman yang dangkal dan tidak lengkap tentang konsep dasar kalkulus. Kesulitan siswa dalam memahami integral terletak pada penggunaan penyajian grafik yang relevan dan sangat minimnya memahami simbol yang digunakan.

Kemampuan siswa di SMU merupakan kemampuan awal yang dimiliki sehingga akan berdampak pada perguruan tinggi, maka untuk mencapai kemampuan berpikir matematis tingkat tinggi, pembelajaran harus lebih ditekankan pada: (1) pengertian kelas sebagai komunitas matematika daripada hanya sebagai sekumpulan individu; (2) pengertian logika dan kejadian matematika sebagai verifikasi daripada guru sebagai penguasa tunggal dalam memperoleh jawaban benar; (3) pandangan terhadap penalaran matematika daripada sekadar mengingat prosedur atau algoritma; (4) penyusunan konjektur, penemuan dan pemecahan masalah daripada penemuan jawaban secara mekanik; (5) mencari hubungan antara ide-ide matematika dan penerapannya daripada matematika sebagai sekumpulan konsep yang saling terpisah dan (6) memberikan dorongan untuk membangun dan menerapkan matematika dalam kehidupan nyata (Utari, 2009). Untuk memenuhi kondisi di atas, maka situasi belajar dapat diciptakan melalui strategi Debat Ilmiah.

Untuk melihat keberhasilan proses pembelajaran melalui strategi *Scientific Debate*, perlu dilakukan penelitian tentang ketepatan bahan ajar, instrumen sebagai alat evaluasi, dan rencana pembelajaran yang akan digunakan. Bahan ajar dan alat evaluasi yang memadai merupakan bagian yang sangat penting dari suatu proses pembelajaran secara keseluruhan. Dengan demikian, peneliti tertarik untuk mengkaji dan menganalisis langkah-langkah yang harus dilakukan agar bahan ajar dan instrumen memadai. Bahan ajar dan alat evaluasi dapat dijadikan sarana untuk mengurangi kesulitan-kesulitan mahasiswa dalam mempelajari konsep matematika. Dengan demikian rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan bahan ajar dan instrumen pembelajaran yang memenuhi validitas, mempunyai

reliabilitas, daya pembeda (DP), dan indeks kesukaran (IK) yang memadai untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematis tingkat tinggi dalam konsep integral?

Dalam konteks pendidikan, penelitian ini memberikan sumbangan konseptual-ilmiah terutama berkaitan dengan apa yang disebut oleh *Coie, et. al.* (1993) sebagai "*Science of Prevention*" yang pembahasannya secara mendalam masih sangat sedikit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memiliki manfaat dalam memberikan sumbangan konseptual-ilmiah khususnya dalam bidang pendidikan matematika, terutama dalam pengembangan instrumen dan rubriknya serta bahan ajar untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa dalam konsep integral.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. *Tahap pertama*, melakukan studi pendahuluan dalam upaya merumuskan prototype instrumen, rubrik, dan bahan ajar yang akan digunakan untuk mengukur kompetensi matematis meliputi: (1) merepresentasikan objek-objek nyata dalam gambar, diagram, atau model matematika; (2) menjelaskan ide, situasi, dan relasi matematika secara tulisan dalam bentuk gambar, tabel, diagram, atau grafik; (3) menyatakan peristiwa sehari-hari dalam bahasa atau simbol matematika; (4) mengubah suatu bentuk representasi matematis ke bentuk representasi matematis lainnya; (5) memberikan penjelasan terhadap model, gambar, fakta, sifat, hubungan, atau pola yang ada; (6) memperkirakan jawaban dan proses solusi, dan menggunakan pola dan hubungan untuk menganalisis situasi matematis, menarik analogi dan generalisasi; (7) menyusun dan menguji konjektur, memberikan lawan contoh; (8) mengikuti aturan inferensi, menyusun argumen yang valid, memeriksa validitas argumen; (9) mencari dan memahami hubungan berbagai representasi konsep dan prosedur; (10) menggunakan matematika dalam bidang studi lain atau kehidupan sehari-hari; (11) memahami representasi ekuivalen konsep atau prosedur yang sama; (12) mencari koneksi satu prosedur ke prosedur lain dalam representasi yang ekuivalen; dan (13) menggunakan koneksi antar topik matematika, dan antara topik matematika dengan topik lain. Studi pendahuluan dilakukan secara teoritis melalui pengkajian data empiris dengan tujuan menggali informasi dan data-data yang diperlukan untuk memfokuskan permasalahan. Setelah model konseptual diperoleh, selanjutnya divalidasi oleh pakar (*expert judgement*) agar memenuhi teori dasar yang ajeg dan sesuai dengan kaidah ilmiah.

*Tahap kedua*, yaitu menguji coba model konseptual yang telah disusun dan divalidasi di lapangan dengan tujuan untuk melihat sejauhmana model tersebut efektif dan efisien secara nyata. Kemudian dilakukan analisis untuk mengevaluasi, merevisi, dan penyempurnaan kembali sampai dihasilkan model yang efektif dan efisien. Model dan bahan ajar selanjutnya didokumentasi dan dijadikan model akhir sebagai produk penelitian.

Dua tahapan penelitian tersebut mengacu pada tahapan prosedur penelitian dan pengembangan yang dikemukakan oleh (Brog & Gall, 1979 dan Mc. Millan, J.H. dan Schumacher, 2001). Sepuluh langkah dalam penelitian dan pengembangan (*research and development*), antara lain: (1) Meneliti dan mengumpulkan informasi, membaca literatur, melakukan observasi, dan menyiapkan laporan kebutuhan pengembangan; (2) Merencanakan prototype komponen yang akan dikembangkan, mendefinisikan, merumuskan tujuan, menentukan urutan kegiatan dan membuat skala pengukuran; (3) Mengembangkan prototype awal, buku sumber, bahan pelajaran, dan alat evaluasi; (4) Melakukan uji coba terbatas terhadap model awal, melakukan pengamatan, wawancara dan angket. Hasil dianalisis untuk menyempurnakan model awal; (5) Merevisi model

awal berdasarkan hasil uji coba dan analisis data; (6) Melakukan uji coba lapangan pada model awal; (7) Melakukan revisi produk berdasarkan hasil uji coba lapangan dan hasil analisisnya; (8) Melakukan uji coba lapangan secara operasional lebih luas, mengumpulkan data, dan dianalisis; (9) Melakukan revisi akhir terhadap model lapangan sehingga menjadi model akhir; dan (10) Melakukan diseminasi dan penyebaran hasil penelitian kepada berbagai pihak untuk digunakan. Instrumen penelitian yang digunakan adalah tes dan angket.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Pengembangan Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan bagian yang sangat penting dari suatu proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berfikir matematis tingkat tinggi mahasiswa dengan bahan ajar yang digunakan didesain secara khusus sesuai strategi *scientific debate*. Pembelajaran *Scientific Debate* mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa lebih baik dibandingkan konvensional (Ramdani, 2014). Bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian ini didesain agar mahasiswa mampu menemukan konsep, prosedur, prinsip, serta mampu menerapkannya dalam menyelesaikan masalah yang diberikan. Dalam implementasinya, mahasiswa diharapkan memiliki peran yang sangat besar dalam upaya memahami konsep, mengembangkan prosedur, menemukan prinsip, mengkonstruksi pengetahuan, serta mampu menerapkan konsep, prosedur, dan prinsip tersebut dalam penyelesaian masalah yang diberikan yang difasilitasi oleh pengajar.

Pengembangan bahan ajar dengan strategi *Scientific Debate* disesuaikan dengan lima kompetensi matematis yang bersifat saling terkait satu dengan lainnya (*intertwine*) yang dikemukakan oleh Kilpatrick, Swafford, dan Findell (2001) yaitu: (1) pemahaman konsep (pemahaman konsep, operasi, dan relasi), (2) kelancaran berprosedur (kemampuan menerapkan prosedur secara fleksibel, akurat, efisien, dan tepat), (3) kompetensi strategik (kemampuan untuk memformulasikan, mempresentasikan, serta menyelesaikan masalah matematik), (4) penalaran adaptif (kapasitas untuk berfikir secara logis, melakukan refleksi, menjelaskan, mengajukan *justification*), dan (5) disposisi produktif (kemampuan untuk senantiasa melihat matematika secara positif, bermanfaat, serta bermakna).

Bahan ajar yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan sedemikian rupa sehingga mahasiswa dimungkinkan mencapai kompetensi matematika yang relevan dengan materi yang dipelajari. Fokus mengembangkan bahan ajar diarahkan agar kemampuan berfikir matematika tingkat tinggi mahasiswa, seperti kemampuan pemahaman konsep dan prosedur, komunikasi, penalaran, dan koneksi matematis dalam pemecahan masalah tidak rutin, membuktikan atau mengajukan justifikasi, serta menemukan pola dan mengajukan bentuk umumnya dapat berkembang dengan baik. Secara umum, bahan ajar yang dikembangkan memiliki dua sifat yakni informatif dan noninformatif. Bahan ajar yang bersifat informatif disajikan secara langsung tanpa melalui pengolahan dalam aktivitas pembelajaran. Bahan ajar yang tidak bersifat informatif dikemas dalam bentuk sajian masalah yang memuat tuntutan untuk berfikir dan beraktivitas sehingga mengarah pada pengembangan kompetensi matematis serta kemampuan berpikir matematis tingkat tinggi mahasiswa. Sebagai contoh, melalui serangkaian masalah yang diajukan pada bahan ajar berjudul Integral Tertentu, mahasiswa diarahkan untuk mampu menemukan prosedur, dapat menggunakan konsep matematika yang terkait dengan penyelesaian integral, dan mampu memecahkan

masalah tidak rutin yang didasarkan pada prosedur yang ditemukan, serta mampu mengajukan *justification* atas suatu kesimpulan yang dibuat.

Agar mahasiswa mampu menerapkan kompetensi matematik yang sudah dipelajari pada permasalahan sehari-hari, sebagian bahan ajar dirancang secara kontekstual yaitu pada bahan ajar berjudul menentukan luas daerah dan menentukan volume benda putar. Bahan ajar lainnya disajikan dalam bentuk masalah matematik bersifat tidak rutin. Sajian masalah seperti itu dimaksudkan agar mahasiswa terbiasa melakukan aksi mental integratif yang melibatkan berbagai pengetahuan serta pengalaman, baru maupun lama, sehingga proses terbentuknya obyek-obyek mental yang mengarah pada pembentukan skema baru dapat terdorong secara efektif. Berikut adalah contoh bahan ajar yang dapat digunakan untuk meningkatkan kompetensi matematis.

### KONSEP LUAS POLIGON DALAM DAN LUAR

Untuk mencari luas daerah dengan sisi melengkung ( $S$ ) tidaklah mudah. Pertama-tama kita hampiri daerah  $S$  dengan sejumlah persegi panjang dan kemudian kita ambil limit dari luas semua persegi panjang ini seraya kita menambahkan banyaknya persegi panjang.

Definisi 1:

Luas  $A$  dari daerah  $S$  yang terletak di bawah grafik fungsi kontinu  $f$  adalah limit dari jumlah luas dari semua persegi panjang penghampir:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} R_n = \lim_{n \rightarrow \infty} [f(x_1)\Delta x + f(x_2)\Delta x + \dots + f(x_n)\Delta x]$$

Definisi 2:

Karena limit dalam definisi 1 selalu ada, kita menganggap  $f$  kontinu, maka kita akan mendapatkan nilai yang sama jika kita menggunakan titik ujung kiri:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} L_n = \lim_{n \rightarrow \infty} [f(x_0)\Delta x + f(x_1)\Delta x + \dots + f(x_{n-1})\Delta x]$$

Definisi 3

Cara lain dengan mengambil tinggi persegi panjang ke- $i$  berupa nilai  $f$  pada sebarang bilangan  $x_i^*$  dalam selang bagian ke- $i$ ,  $[x_{i-1}, x_i]$  bilangan  $x_i^*$  sebagai titik sampel

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} [f(x_1^*)\Delta x + f(x_2^*)\Delta x + \dots + f(x_n^*)\Delta x]$$

**Masalah:**

Dua mobil balap yang masing-masing dikemudikan oleh A dan B saling berdampingan pada saat start. Tabel berikut memperlihatkan kecepatan masing-masing mobil (dalam km per jam) selama sepuluh menit pertama balapan. Gunakan aturan tengah untuk memperkirakan seberapa jauh mobil A melampauai mobil B selama sepuluh menit pertama tersebut! Pahamiilah dengan cermat masalah ini!

Waktu ( $t$ )	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kecepatan A ( $V_A$ )	0	20	32	46	54	62	69	75	81	86	90
Kecepatan B ( $V_B$ )	0	22	37	52	61	71	80	86	93	98	102

1. Formulasikan persoalan di atas ke dalam model matematika!
2. Jelaskan bahasa atau simbol matematika yang digunakan dalam persoalan di atas.
3. Selesaikan masalah integral tertentu di atas dengan konsep jumlah Riemann!
4. Jelaskan ide, situasi, dan relasi matematika secara tulisan dalam bentuk grafik!
5. Dapatkan bentuk representasi matematis di atas dibentuk dalam representasi

- matematis lainnya!
6. Dari langkah-langkah penyelesaian, jelaskan keterkaitan prosedur ke prosedur lain dalam representasi yang ekuivalen!
  7. Jelaskan koneksi antara masalah di atas dengan topik matematika, dengan bidang lain, dan dengan kehidupan nyata!
  8. Berikan penjelasan terhadap model, gambar, fakta, sifat, hubungan, atau pola yang ada!
  9. Berikan dugaan solusi untuk mendapatkan jawaban dan proses solusi dengan menggunakan pola dan hubungan untuk menganalisis situasi matematis, menarik analogi dan generalisasi!
  10. Susun dan ujilah konjektur pada soal 9 dengan memberikan lawan contoh jika perlu!
  11. Susunlah argumen yang valid untuk memeriksa validitas argumen!

Agar mahasiswa mampu menerapkan konsep dan prosedur dalam kehidupan nyata, sebagian bahan ajar dirancang secara kontekstual. Bahan ajar lainnya disajikan dalam bentuk masalah bersifat tidak rutin. Sajian masalah seperti itu dimaksudkan agar mahasiswa terbiasa melakukan aksi mental integratif yang melibatkan berbagai pengetahuan serta pengalaman baru maupun lama, sehingga proses terbentuknya obyek-obyek mental yang mengarah pada pembentukan skema baru dapat terdorong secara efektif.

### **Pengembangan Instrumen**

Instrumen utama yang dikembangkan adalah tes kompetensi matematis untuk mengukur peningkatan kemampuan dan mengevaluasi kesulitan mahasiswa dalam konsep integral. Hal ini sesuai dengan pendapat Djemari & Mardapi (2003) tujuan pengembangan tes adalah: 1) meningkatkan tingkat kemajuan mahasiswa; 2) mengukur pertumbuhan dan perkembangan mahasiswa; 3) merangking mahasiswa berdasarkan kemampuannya; 4) mendiagnosis kesulitan mahasiswa; 5) mengevaluasi hasil pengajaran; 6) mengetahui efektifitas pencapaian kurikulum; dan 7) memotivasi.

Tipe soal yang dikembangkan berbentuk tes uraian. Hal ini sesuai dengan pendapat Fraenkel dan Wallen (1993, h.124) bahwa tes berbentuk uraian sangat cocok untuk mengukur *higher level learning outcomes*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan instrumen meliputi: 1) menganalisis tujuan dan sasaran yang ingin dicapai; 2) menyusun peta konsep utama berdasarkan tujuan dan sasaran; 3) menyusun matriks rancangan tes; 4) memilah peta konsep berdasarkan indikator yang ingin dikembangkan menjadi item tes; 5) menyusun spesifikasi untuk satu atau lebih butir soal; 6) menuliskan butir soal berdasarkan spesifikasi butir soal yang telah dikembangkan; dan (7) menentukan rubrik atau pedoman penskoran.

Setelah instrumen tersusun, kemudian divalidasi meliputi validitas isi dan validitas muka. Hasil pertimbangan para ahli dianalisis menggunakan statistik Q-Cochran dengan tujuan untuk mengetahui apakah para penimbang telah menimbang instrumen secara seragam atau tidak.

Pertimbangan validitas isi didasarkan pada: (1) kesesuaian soal dengan tujuan yang ingin diukur; (2) kesesuaian soal dengan indikator kompetensi matematis; dan (3) kesesuaian soal dengan kurikulum. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai signifikansi 0,42 pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , artinya para penimbang telah menimbang validitas isi tiap butir soal secara seragam. Untuk validitas muka didasarkan pada kejelasan sajian soal dari sisi bahasa dan kejelasan soal dari gambar. Hasil

perhitungan menunjukkan bahwa nilai signifikansi adalah 0,82 pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$  dan dapat disimpulkan bahwa para penimbang telah menimbang validitas muka tiap butir soal secara seragam.

Setelah instrumen memenuhi validitas isi dan muka serta direvisi berdasarkan masukan para penimbang, selanjutnya dilakukan ujicoba dengan subyek mahasiswa semester 3. Data hasil ujicoba selanjutnya dilakukan pengujian reliabilitas dengan menggunakan statistik *Cronbach Alpha*, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Hasil perhitungan untuk reliabilitas diperoleh nilai koefisien alpha 0,87 dan termasuk kategori tinggi didasarkan pada klasifikasi Guilford (Ruseffendi, 1991, h.197). Tingkat kesukaran suatu butiran soal ditentukan oleh perbandingan antara banyaknya mahasiswa yang menjawab soal benar dengan banyaknya mahasiswa yang menjawab soal (Ruseffendi, 1991, h.199). Hasil analisis tingkat kesukaran menunjukkan bahwa soal nomor 7 termasuk dalam kategori sukar, soal nomor 1, 2, 4, dan 6 termasuk dalam kategori sedang, soal nomor 3 dan 5 termasuk dalam kategori mudah.

Daya pembeda sebuah soal menunjukkan kemampuan soal tersebut membedakan antara mahasiswa pandai, sedang, dan kurang. Klasifikasi daya pembeda yang digunakan adalah klasifikasi Ebel. Hasil analisis klasifikasi daya pembeda menunjukkan bahwa soal nomor 1, 2, dan 3 termasuk dalam klasifikasi cukup baik, soal nomor 4, 6, dan 7 klasifikasi baik, serta soal nomor 5 dalam klasifikasi sangat baik. Adapun instrumen yang telah memiliki validasi, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya pembeda adalah sebagai berikut:

**Instrumen Tes Kompetensi Matematis dalam Konsep Integral**

**Tes Matematika**

1. Sebuah bola dijatuhkan dari balon yang berada 196 m di atas tanah. Jika balon naik dengan laju  $14.7 \text{ ms}^{-1}$ . Hitunglah Jarak terjauh di atas tanah yang ditempuh bola, waktu selama bola berada di udara, dan kecepatan bola bila bola menumbuk tanah. Pahami masalah di atas, kemudian jawablah pertanyaan berikut:
  - a. Bagaimana formulasikan masalah di atas dalam model matematika?
  - b. Jelaskan ide, situasi, dan relasi matematika masalah di atas dalam bentuk gambar, tabel, diagram, atau grafik (pilih salah satu)!
  - c. Nyatakan masalah di atas dalam bahasa atau simbol matematika!
  - d. Ubahlah model matematika dari masalah di atas ke bentuk representasi matematis lainnya!
2. Dua mobil balap yang masing-masing dikemudikan oleh Chris dan Kelly saling berdampingan pada saat start. Tabel berikut memperlihatkan kecepatan masing-masing mobil (dalam km per jam) selama sepuluh menit pertama balapan. Gunakan aturan titik-ujung kiri dan titik-ujung kanan untuk memperkirakan seberapa jauh Kelly melampauai Chris selama sepuluh menit pertama tersebut!
 

Waktu ( $t$ )	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kecepatan Chris ( $V_C$ )	0	20	32	46	54	62	69	75	81	86	90
Kecepatan Kelly ( $V_K$ )	0	22	37	52	61	71	80	86	93	98	102

Pahami masalah di atas, kemudian jawablah pertanyaan berikut:

- a. Formulasikan masalah di atas ke dalam model matematika!
- b. Jelaskan ide, situasi, dan relasi matematika masalah di atas secara tulisan dalam bentuk gambar, tabel, diagram, atau grafik (pilih salah satu)!
- c. Nyatakan masalah di atas dalam bahasa atau simbol matematika!
- d. Ubahlah model matematika dari masalah di atas ke bentuk representasi matematis lainnya!

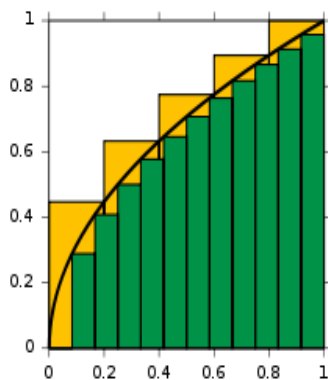
3. Populasi hewan tertentu bertambah tiap tahun pada laju  $200 + 50t$  (dengan  $t$  diukur dalam tahun). Pahami masalah di atas, kemudian jawablah pertanyaan berikut:
  - a. Berapa banyak populasi binatang bertambah di antara tahun ke empat dan ke sepuluh?
  - b. Bidang ilmu apa yang terkait dengan soal di atas? Jelaskan!

c. Jelaskan konsep-konsep matematika yang terkait untuk menyelesaikan soal di atas?

4. Berdasarkan ‘U.S. Bureau of Labor Statistics’, laju inflasi seringkali didefinisikan sebagai turunan dari ‘Consumer Price Index (CPI)’, dan diukur berdasarkan harga barang di sebuah ‘keranjang perwakilan pasar’ dari konsumen daerah kota yang khas. Tabel di bawah menyajikan laju inflasi di Amerika Serikat dari tahun 1981 sampai 1997.

Waktu ( $t$ )	Laju Inflasi [ $f(t)$ ]	Waktu ( $t$ )	Laju Inflasi [ $f(t)$ ]
1981	10,3	1990	5,4
1982	6,2	1991	4,2
1983	3,2	1992	3,0
1984	4,3	1993	3,0
1985	3,6	1994	2,6
1986	1,9	1995	2,8
1987	3,6	1996	2,9
1988	4,1	1997	2,3
1989	4,8		

- a. Gambarkan laju inflasi pada Tabel di atas dalam bentuk grafik dengan berbagai bentuk yang berbeda!
- b. Bidang ilmu apa yang terkait dengan soal di atas?
- c. Tuliskan pertambahan persentase total dalam CPI sejak tahun 1981 sampai 1997 sebagai integral tentu! Kemudian hitunglah nilai pendekatannya!
5. Sebuah partikel bergerak lurus dengan kecepatannya pada waktu  $t$  adalah  $v(t) = t^2 - t - 6$  (diukur dalam meter tiap detik).
- a. Carilah simpangan partikel selama periode waktu  $1 \leq t \leq 4$ .
- b. Carilah jarak yang ditempuh selama periode waktu ini!
6. Gambar berikut memperlihatkan fungsi  $y = x^2$ .



- a. Dari grafik di samping, uraikan hubungan antara sumbu vertikal dan horizontal!
- b. Jelaskan daerah yang diarsir dengan warna hijau!
- c. Jelaskan daerah yang diarsir dengan warna kuning!
- d. Jika kurva yang terbentuk dalam grafik dinyatakan dengan  $f(x) = x^2$ . Tunjukkan luas daerahnya yang dibatasi oleh  $x = 0$  dan  $x = 1$ .
- e. Dari gambar di atas, tunjukkan daerah mana yang menyatakan luas daerah  $y = x^2$  dari 0 sampai 1.
- f. Gunakan empat persegi panjang penghampir untuk memperkirakan luas di bawah parabola  $y = x^2$  dari 0 sampai 1.
- g. Ulangi bagian b dengan menggunakan delapan persegi panjang penghampir!
- h. Ulangi bagian b dengan menggunakan dua belas persegi panjang penghampir!
- i. Perhatikan bahwa jumlah luas persegi panjang penghampir teratas mendekati  $1/3$  yakni  $\lim_{n \rightarrow \infty} R_n = \frac{1}{3}$ . Jelaskan perbedaan hasil dari b, c, dan d!
- j. Dapatkan Anda menjelaskan pengertian luas daerah yang di batasi oleh parabola  $y = x^2$  dari 0 sampai 1?
7. Tunjukkan bahwa volume sebuah bola dengan jari-jari  $r$  adalah  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ .

#### 4. Kesimpulan

Pengembangan bahan ajar berisi konsep, latihan pada persoalan matematika yang bersifat rutin dan non rutin, dan persolan aplikasi matematika. Perkembangan instrumen difokuskan pada peningkatan kompetensi matematika. Langkah-langkah yang



harus dilakukan dalam mengembangkan bahan ajar dan instrumen penelitian yang memiliki validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda yang memadai meliputi: (1) menganalisis secara teoritis instrumen, rubrik, dan bahan ajar; (2) menganalisis secara teoritis tentang komunikasi, penalaran, dan koneksi matematis; (3) menganalisis secara empiris identifikasi permasalahan lapangan berkenaan dengan bahan ajar, pembelajaran, dan instrumen dalam mengevaluasi; (4) mengembangkan prototipe instrumen, rubrik, dan bahan ajar; (5) analisis teoritik instrumen, rubrik dan bahan ajar; (6) model konseptual yang telah disusun kemudian divalidasi oleh pakar sesuai dengan keahliannya agar model konseptual tersebut mempunyai dasar teori yang ajeg dan sesuai dengan kaidah ilmiah, (7) penyempurnaan model instrumen; (8) uji coba terbatas instrumen dan rubrik ; (9) penyempurnaan instrumen dan rubrik. Hasil uji coba instrumen diperoleh nilai signifikansi 0,42, ini berarti bahwa bobot harus mempertimbangkan keabsahan item konten secara seragam. Nilai signifikansi 0,82 berarti bahwa validitas pertanyaan dimuka yang diuji jelas dari bahasa dan gambar. Nilai reliabilitas signifikansi 0,87 termasuk dalam kategori tinggi. Analisis menunjukkan tentang tingkat kesulitan kategori sulit nomor 7, tentang kategori kategori angka 1, 2, 4, dan 6, dan Question 3 and 5 kategori mudah. Analisis klasifikasi yang membedakan menunjukkan angka 1, 2, dan 3, termasuk cukup baik, tentang angka 4, 6, dan 7, serta tentang angka 5, termasuk sangat bagus.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Kementrian Riset dan Teknologi Direktorat Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEKDIKTI). Ucapan terimakasih saya sampaikan juga kepada Rektor dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Unisba yang telah memberikan kesempatan pada peneliti.

### Daftar Pustaka

- Alibert, D., Legrand, M. & Richard, F., (1987) 'Alteration of didactic contract in codidactic situation', *Proceeding of PME 11*, Monteral, 379-386.
- Dubinsky, E. (2001). *Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses*. Coventry: University of Warwick.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding It up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Niss, G. (1996). Goals of mathematics teaching. In A.J. Bishop, K. Clementa, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.). *International handbook of mathematical education*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Orton, A. (1983). Student's understanding of Integration. *Educational Studies in Mathematics*, 14, 1-18.
- Ramdani, Y., (2011), *Scientific Debate Instructional to Enhance Students Mathematical Communication, Reasoning, and Connection*, Bandung: Indonesian Education University.
- Ramdani, Y., (2013), *Scientific Debate Instructional to Enhance Students Mathematical Communication, Reasoning, and Connection Ability in the Concept of Integral*, *Proceeding, International Conference on Mathematical and Computer Sciences*.
- Ramdani, Y., (2014), Pembelajaran dengan Scientific Debate untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa. *MIMBAR. Jurnal Sosial dan Pembangunan*, Vol. 30. No. 1.

- Rhee, C. R., & Pintrich, P. R., (2004), Teaching to facilitate self-regulated learning, In J. Ee, A. Chang & O. Tan (Eds.), *Thinking about Thinking: What educators need to know* (pp. 31-47), Singapore: McGraw Hill.
- Romberg, T. A., & Fredric W. T., (1987). *Mathematics Curriculum Engineering: Some Suggestions from Cognitive Science, The Monitoring of School Mathematics: Background Papers*, (2).
- Sabella, M.S. and Redish, E. F., (2007), Knowledge organization and activation in physics problem-solving, *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 75, 1017.
- Utari, S. 2006), *Berfikir Matematik Tingkat Tinggi: Apa, Mengapa, dan Bagaimana Dikembangkan pada Siswa Sekolah Menengah dan Mahasiswa Calon Guru*. Makalah disajikan pada Seminar Pendidikan Matematika di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran Tanggal 22 April 2006: tidak diterbitkan.