

LAPORAN TAHUNAN HIBAH BERSAING



PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATEMATIKA DISKRET BERBASIS REPRESENTASI MULTIPLEL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI DAN KONEKSI MATEMATIS MAHASISWA CALON GURU MATEMATIKA SEKOLAH MENENGAH

Tim Peneliti

Dr. Djamilah Bondan W, M. Si.	NIDN:	0003036107
Fitriana Yuli Saptaningtyas, M. Si.	NIDN:	0007078401
Dwi Lestari, M. Sc.	NIDN:	0013058501

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Sesuai dengan surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing
Nomor 06/HB-Multitahun/UN.34.21/2013

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOVEMBER, TAHUN 2013

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Pengembangan Bahan Ajar Matematika Diskret Berbasis Representasi Multipel untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Koneksi Matematis Mahasiswa Calon Guru Matematika Sekolah Menengah

Peneliti / Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. DJAMILAH BONDAN WIDJAJANTI M.Si.
NIDN : 0003036107
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Matematika
Nomor HP : 08179424205
Surel (e-mail) : dj_bondan@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)
Nama Lengkap : FITRIANA YULI SAPTANNINGTYAS S.Pd.Si., M.Si.
NIDN : 0007078401
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Anggota Peneliti (2)
Nama Lengkap : DWI LESTARI S.Si., M.Sc.
NIDN : 0013058501
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 90.000.000,00



NIP/NIK 196203291987021002

Yogyakarta, 27 - 11 - 2013,
Ketua Peneliti,


(Dr. DJAMILAH BONDAN WIDJAJANTI
M.Si.)
NIP/NIK

Menyetujui,
Ketua LPPM UNY



(Prof. Dr. Anik Ghufron, M.Pd.)
NIP/NIK 195305191978111 001

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATEMATIKA DISKRET
BERBASIS REPRESENTASI MULTIPLEL
UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN KOMUNIKASI DAN KONEKSI MATEMATIS
MAHASISWA CALON GURU MATEMATIKA SEKOLAH MENENGAH**

oleh

Djamilah Bondan Widjajanti, Fitriana Yuli Saptaningtyas, Dwi Lestari

RINGKASAN

Tujuan jangka panjang dari penelitian pengembangan ini adalah untuk mengembangkan bahan ajar berbasis representasi multipel untuk perkuliahan Matematika Diskret yang mampu meningkatkan kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah menghasilkan produk berupa: (1) Bahan ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel yang valid, praktis, dan efektif ; dan (2) Publikasi ilmiah tentang efektifitas bahan ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah.

Dalam rangkaian melakukan penelitian pengembangan Bahan Ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel ini, suatu uji coba terbatas telah dilakukan untuk mengetahui efektivitas Bahan Ajar tersebut ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa calon guru matematika. Subyek uji coba yang digunakan pada penelitian ini adalah 41 mahasiswa Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret pada semester Februari-Juni 2013. Instrumen untuk mengukur kemampuan komunikasi dan koneksi matematis berupa soal uraian, masing-masing terdiri empat soal yang dikembangkan oleh tim peneliti dan divalidasi oleh lima orang dosen Jurdik Matematika FMIPA UNY. Ada tiga indikator untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis dan 4 indikator untuk mengukur kemampuan koneksi matematis. Bahan ajar yang dikembangkan dapat dikatakan efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis jika minimal ada 75% subyek uji coba yang memperoleh skor kemampuan komunikasi dan koneksi matematis dalam kategori tinggi atau sangat tinggi, yaitu memperoleh skor lebih dari 21 dari skor maksimal 36.

Hasil penelitian menunjukkan ada 78% mahasiswa (32 dari 41) yang memperoleh skor kemampuan komunikasi matematis lebih dari 21, dan ada 83% mahasiswa (34 dari 41) yang memperoleh skor kemampuan koneksi matematis lebih dari 21. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dalam uji coba terbatas ini bahan ajar yang dikembangkan oleh peneliti dapat dikategorikan efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis.

Kata kunci: *Matematika Diskret, Representasi Multipel, komunikasi, koneksi, mahasiswa*

**DEVELOPMENT OF DISCRETE MATHEMATICS TEACHING MATERIALS
BASED ON MULTIPLE REPRESENTATION TO IMPROVE
THE COMMUNICATION SKILLS AND MATHEMATICAL CONNECTIONS
FOR THE PROSPECTIVE MATHEMATICS TEACHER**

By

Djamilah Bondan Widjajanti, Fitriana Yuli Saptaningtyas, Dwi Lestari

SUMMARY

The purpose of this research is to develop teaching materials based on multiple representation for discrete mathematics lecturing that enable to improve the communication skills and mathematical connections for the prospective mathematics teacher. The specific objectives of this research are to produce: (1) Discrete Mathematics teaching materials based on multiple representations being valid, practical, and effective: and (2) scientific publications of the effectiveness of Discrete Mathematics teaching materials based on Multiple Representations related to the communication skills and mathematical connections of the prospective mathematics teacher.

In conducting this development research of Discrete Mathematics teaching materials based on multiple representation, a kind of a small and limited test has been done to know the effectiveness of the teaching materials related to the communication skills and mathematical connections of the prospective mathematics teacher. The subjects of the research were 41 fourth-semester students of Mathematics Education Study Program, State University of Yogyakarta, Indonesia, who took Discrete Mathematics course from February to June 2013. Instruments to measure the communication skills and mathematical connections are objectives test, each is consisted of four test items developed by a team of the research and validated by five UNY mathematics lecturers. There are three indicators to measure mathematics communication skills and four indicators to measure the mathematics connections skills. The teaching materials developed can be said effective related to the communication skills and mathematical connections if at least 75% of students involved get scores of communication skills and mathematical connections in the high or very high category, that is getting score more than 21 out of a maximum score of 36.

The research resulted that 78 % of the students observed (32 of 41) got score of mathematics communication skills more than 21, and that 83% of the students (34 of 41) got score of mathematics connections more than 21. It can be concluded based on this small and limited trial the teaching material developed by the researches can be categorized effective related to the communication skill and mathematics connections. .

Keywords : Discrete Mathematics, multiple representation, communication, connection, students

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala ijin dan limpahan karuniaNya sehingga kami dapat merencanakan, melaksanakan, dan melaporkan kegiatan penelitian ini.

Laporan penelitian dengan judul **“Pengembangan Bahan Ajar Matematika Diskret Berbasis Representasi Multipel Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Dan Koneksi Matematis Mahasiswa Calon Guru Matematika Sekolah Menengah”** ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban kami kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta (LPPM UNY) yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan kegiatan ini.

Kelancaran pelaksanaan kegiatan ini, selain karena adanya dukungan dana dari LPPM UNY, juga karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya, terutama kepada yang terhormat:

1. Ketua dan sekretaris LPPM UNY, serta Dekan dan Wakil Dekan FMIPA UNY, atas perhatian dan dukungannya terhadap pelaksanaan kegiatan penelitian ini,
2. Bapak/ibu *reviewer* dan dosen UNY yang telah memberikan masukan pada waktu seminar proposal/instrumen dan seminar hasil penelitian ini, yang sangat bermanfaat untuk pelaksanaan kegiatan penelitian ini,
3. Bapak/ibu staf LPPM UNY yang membantu kelancaran penyelenggaraan seminar proposal maupun hasil, serta membantu kelancaran urusan administrasi dan keuangan,
4. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga laporan ini bermanfaat.

Yogyakarta, 25 November 2013

Ketua Tim,

Djamilah Bondan Widjajanti

NIP 19610303 1986 01 2 001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	1
RINGKASAN	2
SUMMARY	3
PRAKATA	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR TABEL	6
DAFTAR GAMBAR	7
DAFTAR LAMPIRAN	8
BAB I PENDAHULUAN	9
A. Latar Belakang	9
B. Urgensi Penelitian	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	16
A. Kemampuan Komunikasi Matematis	16
B. Kemampuan Koneksi Matematis	19
C. Studi Pendahuluan, Hasil, Roadmap Penelitian	23
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	24
A. Tujuan Penelitian	24
B. Manfaat Penelitian	24
BAB IV METODE PENELITIAN	25
A. Model dan Prosedur Pengembangan	25
B. Desain Uji Coba Produk	26
C. Instrumen Pengumpulan Data	26
D. Teknik Analisis Data	27
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Hasil Pengembangan	29
B. Hasil Uji Coba Produk	31
C. Pembahasan	31
D. Keterbatasan	33
BAB VI RENCANA TAHAP BERIKUTNYA	34
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	35
A. Kesimpulan	35
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1.	Kategorisasi Tingkat Kevalidan dan Kepraktisan	28
Tabel 2.	Kategorisasi Kemampuan	28
Tabel 3.	Distribusi Frekuensi Skor Kemampuan Komunikasi dan Koneksi Matematis	31

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
Gambar 1.	Contoh Jawaban Mahasiswa	32
Gambar 2.	Contoh Jawaban Mahasiswa	33

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lampiran	Judul Lampiran
Lampiran 1.	Kontrak Penelitian
Lampiran 2.	Berita Acara Seminar Hasil Penelitian
Lampiran 3	Bahan Ajar Hasil Pengembangan
Lampiran 4.	Artikel Hasil Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu faktor penyebab rendahnya prestasi belajar siswa dalam matematika adalah masih banyak siswa yang meyakini matematika sebagai pelajaran yang sulit, penuh rumus, dan tidak terlalu kelihatan kegunaannya, kecuali untuk berhitung. Akibatnya, sebagian besar siswa tidak cukup antusias dan percaya diri dalam belajar matematika. Juga, banyak siswa yang belajar matematika dengan menghafal, tanpa pemahaman yang memadai. Keyakinan terhadap matematika yang keliru ini berdampak negatif terhadap prestasi belajar siswa.

Para guru matematikalah yang berperan dalam membangun keyakinan siswa tentang matematika. Kunci dari gambaran siswa yang dibangun melalui interaksinya dengan para guru ini terletak pada apa yang telah guru-guru berikan kepada siswa selama ini, dan bagaimana para guru mengomunikasikannya. Pengalaman belajar matematika seperti apa yang sudah didapatkan para siswa dalam kelasnya, dan bagaimana selama ini para guru matematika mengomunikasikan dan mengoneksikan konsep, struktur, teorema, atau rumus matematis kepada para siswa, akan berpengaruh kepada keyakinan mereka terhadap matematika. Dengan demikian, program pendidikan untuk calon guru matematika, haruslah menaruh perhatian yang sangat serius terhadap pembekalan berbagai kemampuan matematis yang dibutuhkan mahasiswa untuk menjadi guru matematika yang kompeten dan yang mampu membangun keyakinan siswa yang positif terhadap matematika.

Diantara berbagai kemampuan matematis, ada dua kemampuan matematis, yaitu kemampuan komunikasi dan koneksi, yang sangat penting untuk dikuasai mahasiswa calon guru matematika. Hal ini didasarkan pada pemikiran bahwa sebagian terbesar konsep-konsep matematika diperoleh oleh siswa dari para guru mereka. Jika guru matematika salah mengomunikasikan konsep matematika kepada siswa tentu dapat berakibat pada gambaran siswa yang salah tentang matematika. Apalagi jika guru matematika tersebut tidak mampu mengoneksikan (menghubungkan) konsep matematika yang satu dengan yang lain, atau tidak mampu mengoneksikan pelajaran matematika dengan kehidupan sehari-hari anak dan pelajaran lain, tentulah semakin

menambah keyakinan siswa bahwa matematika merupakan pelajaran yang sulit, penuh rumus, dan tidak terlalu kelihatan kegunaannya, kecuali untuk berhitung.

Kenyataan di lapangan belum sepenuhnya sesuai harapan. Berdasarkan studi awal yang dilakukan peneliti terhadap kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa Program Studi Matematika FMIPA UNY yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret dapat diketahui bahwa kemampuan mahasiswa dalam koneksi dan komunikasi masih sangat perlu untuk ditingkatkan. Lebih dari 60% mahasiswa (21 dari 34 mahasiswa) yang diteliti menunjukkan kemampuan koneksi dan komunikasi matematis dalam kategori rendah dan sedang.

Model perkuliahan kolaboratif berbasis masalah, yang merupakan penggabungan dari model perkuliahan kolaboratif dan pendekatan perkuliahan berbasis masalah, secara teoritis berpotensi sangat besar untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa calon guru matematika. Hasil penelitian Djamilah Bondan Widjajanti (2010) dengan subyek mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FMIPA UNY yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret menyimpulkan bahwa strategi perkuliahan kolaboratif berbasis masalah untuk mahasiswa calon guru matematika lebih unggul dari strategi perkuliahan konvensional, dalam hal mengembangkan kemampuan pemecahan masalah matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan keyakinan mahasiswa terhadap pembelajaran matematika.

Dalam mengimplementasikan strategi perkuliahan kolaboratif berbasis masalah dalam penelitian yang dilaksanakan pada tahun 2010 tersebut, peneliti telah menyusun bahan ajar berupa handout perkuliahan Matematika Diskret yang dirancang terutama untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan keyakinan mahasiswa terhadap pembelajaran matematika. Bahan ajar berupa handout tersebut sangat mungkin dikembangkan menjadi modul atau diktat kuliah, yang tidak hanya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis, kemampuan komunikasi matematis, dan keyakinan mahasiswa terhadap pembelajaran matematika, namun juga berpotensi meningkatkan kemampuan koneksi matematis mahasiswa. Bahan ajar yang demikian dapat dikembangkan berbasis representasi multipel. Dengan representasi multipel, seperti representasi dalam bentuk verbal, gambar, numerik, simbol aljabar, tabel, diagram, atau grafik, memungkinkan

mahasiswa untuk membangun suatu konsep dan berpikir matematis melalui masalah-masalah yang dikemukakan.

Sampai saat ini, belum ada bahan ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel yang dikembangkan khusus untuk mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah (mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika) dan yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa. Berdasarkan latar belakang masalah yang demikianlah, penelitian pengembangan ini dilakukan.

B. Urgensi Penelitian

Upaya-upaya untuk meningkatkan berbagai kemampuan matematis mahasiswa calon guru matematika, merupakan hal yang sangat penting, jika dikaitkan dengan tugas guru saat ini dan di waktu yang akan datang. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 Tentang Standar Nasional Pendidikan, pendidik harus memiliki kualifikasi akademik dan kompetensi sebagai agen pembelajaran, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional. Di dalam penjelasan atas Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tersebut dijelaskan bahwa yang dimaksud dengan pendidik sebagai agen pembelajaran (*learning agent*) pada ketentuan tersebut adalah peran pendidik antara lain sebagai fasilitator, motivator, pemacu, dan pemberi inspirasi belajar bagi peserta didik (Presiden RI, 2005).

Kenyataan di lapangan belum sepenuhnya sesuai harapan. Djohar (2006) menyebutkan bahwa kebiasaan para guru mengajar sekarang ini adalah melakukan kegiatan yang muatannya lebih besar ke arah kinerja yang sangat tekstual dalam segala hal, baik dalam membaca kurikulum, menghadapkan kurikulum kepada peserta didik mereka, maupun dalam membelajarkan materi pelajaran kepada peserta didik mereka. Sebagai akibat dari guru yang cenderung tekstual adalah kurang berkembangnya potensi anak, kurangnya kemandirian dan kreativitas anak, serta kurang terlatihnya anak dalam menghadapi permasalahan nyata sehari-hari.

Perlu disadari bahwa masalah dalam dunia pendidikan sangatlah kompleks, tidak hanya dari faktor guru saja. Namun karena guru merupakan komponen yang sangat berperan dalam proses pembelajaran, dan yang secara langsung mempengaruhi peningkatan kualitas belajar siswa, maka sangatlah wajar jika perhatian dan sorotan

masyarakat senantiasa lebih banyak diarahkan kepada kompetensi para guru. Guru saat ini dituntut untuk dapat merancang dan melaksanakan pengajaran yang efektif.

Banyak faktor yang mempengaruhi keefektifan suatu pengajaran. Pengetahuan tentang materi pelajaran, penggunaan teknik dan media yang tepat, kesadaran untuk menerapkan berbagai prinsip-prinsip pembelajaran, dan ketrampilan untuk mengelola kelas (Lang & Evans, 2006) adalah sebagian faktor-faktor yang akan mempengaruhi keefektifan suatu pengajaran.

Khusus untuk guru matematika, selain masalah kompetensi/profesi, mereka juga menghadapi masalah sebagai akibat masih banyaknya siswa yang meyakini matematika sebagai pelajaran yang sangat sulit, penuh rumus, dan tidak kelihatan kegunaannya, kecuali untuk berhitung. Keyakinan yang keliru ini merupakan masalah serius yang dihadapi guru, karena dapat melemahkan semangat belajar siswa, sedemikian hingga siswa tidak cukup antusias dan kurang percaya diri dalam belajar matematika. Padahal banyak ahli mengatakan pentingnya motivasi, antusiasme, dan rasa percaya diri dalam belajar untuk memperoleh hasil belajar yang optimal.

Gambaran siswa bahwa matematika merupakan pelajaran yang sulit dan penuh rumus, mutlak sedikit demi sedikit harus diluruskan. Para guru matematikalah yang memegang peran dalam hal ini. Oleh karena itu pendidikan calon guru matematika harus dirancang dan dilaksanakan sedemikian hingga mampu membekali mereka dengan pengetahuan dan ketrampilan yang memadai untuk menjadi guru matematika yang efektif dan komunikatif. Diperlukan prinsip-prinsip dan standar-standar proses untuk pembelajaran matematika yang bermutu tinggi, agar para calon guru matematika memiliki panduan yang dapat mengarahkan kinerja mereka nantinya sesuai makna pembelajaran bagi siswa, dan selaras dengan kebutuhan siswa.

Terkait dengan perlunya panduan bagi calon guru matematika dalam melaksanakan tugasnya, pada tahun 2000 *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) menerbitkan *Principles and Standards for School Mathematics*. Enam prinsip untuk matematika sekolah menyoroti tema-tema keadilan, kurikulum, pengajaran, belajar, *assessment*, dan teknologi. Sedangkan standar-standar proses meliputi pemecahan masalah, penalaran dan pembuktian, komunikasi, koneksi, dan representasi (NCTM, 2000).

Khusus untuk pengajaran dan belajar, prinsip matematika sekolah dari NCTM tersebut menyatakan bahwa pengajaran matematika yang efektif menuntut pada apa yang perlu diketahui dan perlu dipelajari oleh siswa, kemudian menantang dan mendukung mereka untuk mempelajarinya dengan baik. Para siswa juga harus belajar matematika dengan pemahaman, dan secara aktif membangun pengetahuan baru dari pengetahuan dan pengalaman sebelumnya (NCTM, 2000). Lebih lanjut NCTM juga menjelaskan bahwa: (1) mengajar matematika dengan baik adalah suatu usaha yang kompleks, dan tidak ada resep yang mudah; (2) Tidak ada suatu “cara paling tepat” untuk mengajar; dan (3) Kesempatan untuk merefleksi dan memperbaharui praktek pembelajaran amatlah penting sekali.

Dari uraian tentang kompetensi yang harus dimiliki seorang guru menurut undang-undang, prinsip matematika sekolah, dan standar proses dari NCTM untuk pembelajaran matematika yang efektif, maka sangatlah penting bagi Program Studi Pendidikan Matematika untuk memperhatikan kurikulum pendidikan calon guru matematika dan implementasinya dalam kelas. Isi dan proses belajar bagi calon guru matematika haruslah dirancang dan dilaksanakan sedemikian hingga dapat memberi bekal yang memadai bagi mereka untuk nanti dapat menjadi pendidik yang merupakan agen pembelajaran, seperti diamanatkan oleh undang-undang.

Termasuk hal penting yang harus dibekalkan kepada mahasiswa calon guru matematika adalah komunikasi dan koneksi matematis. Kemampuan komunikasi matematis yang memadai sangat diperlukan oleh mahasiswa calon guru matematika agar kelak ia mampu mengomunikasikan konsep matematika kepada siswa dengan cara yang benar. Kemampuan koneksi matematis yang memadai sangat diperlukan oleh mahasiswa agar kelak ia mampu mengoneksikan antar konsep matematika dan mampu mengoneksikan pelajaran matematika dengan pelajaran lain atau dengan kehidupan sehari-hari siswa.

Jika para guru matematika mampu mengomunikasikan dan mengoneksikan konsep-konsep matematika kepada siswa dengan benar, jelas, logis, dan sistematis, maka besar kemungkinan anak-anak dapat menyambut pelajaran matematika mereka dengan pemahaman, antusias, dan percaya diri. Belajar dengan pemahaman (tidak sekedar menghafal), antusias atau penuh semangat, dan rasa percaya diri, adalah tiga

modal utama yang diperlukan oleh siswa untuk sukses belajar matematika. Oleh karena itu, sudah seharusnya pengelola dan dosen-dosen matematika di Program Studi Pendidikan Matematika menaruh perhatian yang lebih serius terhadap upaya untuk membekali calon guru matematika dengan kedua kemampuan matematis tersebut.

Sebanyak mungkin memberi kesempatan mahasiswa untuk memecahkan masalah, mencari koneksi antar konsep, kemudian menyampaikan, mengklarifikasi, atau mempertahankan ide atau gagasan matematisnya, baik secara lisan maupun tertulis, baik kepada dosen maupun kepada temannya, akan sangat membantunya kelak menjadi guru matematika yang mempunyai kemampuan komunikasi dan koneksi matematis yang memadai. Untuk keperluan itu, diperlukan bahan ajar, dapat berupa buku atau diktat kuliah, yang dikembangkan khusus untuk memfasilitasi mahasiswa calon guru matematika mengembangkan kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mereka.

Dapat diharapkan, kelak kalau para mahasiswa yang bersangkutan telah menjadi guru matematika, dengan mempunyai kemampuan komunikasi dan koneksi matematis yang memadai mereka akan semakin mampu memberi gambaran yang wajar tentang matematika kepada siswa, sehingga lambat laun, perlahan-lahan, gambaran matematika yang sulit, penuh rumus, dan tidak terlalu kelihatan kegunaannya bagi siswa, akan semakin berkurang. Kalau hal ini terjadi, yaitu sebagian besar para siswa tidak lagi menganggap matematika merupakan pelajaran yang paling sulit dan hanya berisi rumus-rumus, dan mereka semakin melihat banyak kegunaan matematika dalam kehidupan nyata, maka besar kemungkinan siswa-siswa akan belajar matematika dengan rasa senang, antusias, dan penuh percaya diri, sehingga dapat mengoptimalkan potensi yang dimilikinya.

Pemilihan bahan ajar Matematika Diskret yang akan dikembangkan berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu: (1) Matematika Diskret mempunyai beberapa pokok bahasan yang menuntut pemahaman konsep, prinsip, dan prosedur-prosedur yang tidak sederhana dan banyak terapannya dalam berbagai bidang, sehingga dipandang sangat cocok untuk disampaikan menggunakan pendekatan berbasis representasi multipel; (2) Menguasai materi Matematika Diskret penting bagi mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah, karena menurut Peraturan

Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2007 Tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru, mampu menggunakan konsep dan proses matematika diskrit termasuk salah satu kompetensi guru mata pelajaran Matematika pada SMP/MTs, SMA/MA, SMK/MAK; dan (3) Mata kuliah Matematika Diskret pada umumnya diberikan untuk mahasiswa tahun ketiga (semester 5 atau 6) yang dapat diasumsikan sudah mengenal berbagai representasi matematis.

Menyikapi adanya kenyataan bahwa sampai saat ini belum ada bahan ajar (berupa modul atau diktat kuliah) Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel yang dikembangkan khusus untuk mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah (mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika) dan yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa, maka pengembangan bahan ajar yang demikian ini dipandang sangat penting untuk segera dilakukan. Jika bahan ajar yang inovatif ini sudah terwujud, maka akan menjadi sumbangan yang bermakna terhadap pengembangan pendidikan calon guru matematika pada khususnya, dan sumber daya manusia pada umumnya. Inilah urgensi penelitian tentang **“Pengembangan Bahan Ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Koneksi Matematis Mahasiswa Calon Guru Matematika Sekolah Menengah”** ini dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Kemampuan Komunikasi Matematis

Dalam matematika, komunikasi memegang peranan yang sangat penting. Menurut NCTM (2000) “*Communication is an essential part of mathematics and mathematics education*”. Bahkan, Wichelt (2009) menganggap bahwa “*Communication is a vital skill of mathematics*”. Sedangkan Ontario Ministry of Education menganggap “*Mathematical communication is an essential process for learning mathematics because through communication, students reflect upon, clarify and expand their ideas and understanding of mathematical relationships and mathematical arguments*” (Ontario Ministry of Education, 2005)

Pentingnya komunikasi matematis dalam matematika atau pendidikan matematika, tercermin dari dimasukkannya aspek komunikasi ini di dalam kegiatan matematis pada kurikulum matematika di berbagai negara. Dari makalah-makalah yang dipresentasikan pada APEC TSUKUBA International Conference III, 9 – 14 Desember 2007 di Tokyo dan Kanazawa, Jepang, dengan tema *Collaborative Studies on Innovations for Teaching and Learning Mathematics in Different Cultures through Lesson Study*, yang difokuskan pada *Mathematical Communication*, dapat diketahui bahwa mempunyai kemampuan komunikasi matematis telah menjadi salah satu tujuan dari diberikannya matematika di sekolah di berbagai negara.

Sebagai contoh, di Singapura, Har (2007) menyebutkan bahwa Kurikulum Matematika Singapura tahun 1990, 2000, maupun 2005, menempatkan pemecahan masalah matematis sebagai tujuan utama. Sesuai dengan kurikulum tersebut, pengembangan dalam pemecahan masalah matematis tergantung pada pengembangan dari lima komponen yang saling berhubungan yaitu: (1) konsep-konsep; (2) ketrampilan-ketrampilan; (3) proses-proses; (4) sikap-sikap; dan (5) metakognisi.

Masih menurut Har (2007), dalam kerangka kurikulum yang direvisi oleh *Ministry of Education of Singapore*, 2005, terdapat juga penalaran, komunikasi, dan koneksi. Di dalam dokumen kurikulum tersebut, disebutkan bahwa komunikasi digunakan untuk “mengarahkan kemampuan untuk menggunakan bahasa matematika

untuk mengekspresikan ide atau gagasan-gagasan matematis secara tepat, singkat, dan logis. Komunikasi dideskripsikan sebagai cara untuk membantu para siswa mengembangkan pemahaman mereka sendiri terhadap matematika dan untuk mengasah atau mempertajam berfikir matematis siswa.

Di Jepang, komunikasi matematis tidak secara eksplisit ada di kurikulum, namun menjadi bagian yang penting dari kegiatan pemecahan masalah (Isoda, 2007) dan sangat ditekankan di dalam ruang-ruang kelas (Khaing, et.al., 2007). Sedangkan di Indonesia, menurut Peraturan Menteri Nomor 22 Tahun 2006 tentang standard isi, salah satu tujuan diberikannya pelajaran matematika di sekolah adalah agar siswa mampu mengomunikasikan gagasan dengan simbol, tabel, diagram, atau media lain untuk memperjelas keadaan atau masalah.

Bagi siswa, terlibat dalam komunikasi matematis, baik dengan guru maupun dengan teman-temannya, baik secara lisan maupun tertulis, baik pada saat pembelajaran berlangsung maupun di luar kelas, akan sangat banyak manfaatnya untuk meningkatkan pemahaman matematis mereka. NCTM (2000) menyatakan bahwa saat para siswa ditantang untuk berfikir dan bernalar tentang matematika, serta untuk mengomunikasikan hasil-hasil pemikiran mereka itu pada orang lain secara lisan atau tertulis, maka mereka telah belajar untuk menjadi lebih jelas dan meyakinkan. Menyimak penjelasan-penjelasan orang lain juga memberi para siswa kesempatan untuk membangun pemahaman mereka sendiri. Percakapan-percakapan yang mengeksplorasi gagasan-gagasan matematis dari berbagai perspektif membantu mereka yang ikut dalam percakapan itu untuk mempertajam pemikiran mereka dan membuat hubungan-hubungan.

Demikian pentingnya aspek komunikasi matematis dalam matematika ini, sehingga di dalam *Principles & Standards for School Mathematics* dari NCTM Tahun 2000 disebutkan bahwa program-program pembelajaran dari pra TK hingga kelas 12 seharusnya memungkinkan semua siswa untuk: (1) Mengatur dan menggabungkan pemikiran matematis mereka melalui komunikasi; (2) Mengomunikasikan pemikiran matematis mereka secara koheren dan jelas kepada teman-teman, guru, dan orang lain; (3) Menganalisis dan mengevaluasi pemikiran dan strategi-stategi matematis dari orang

lain; dan (4) Menggunakan bahasa matematika untuk mengekspresikan gagasan matematis secara tepat.

Hampir sama dengan standar komunikasi matematis untuk siswa, khusus untuk calon guru matematika, menurut NCTM *Program Standards* (2003) adalah sebagai berikut. Seorang calon guru matematika haruslah mampu mengomunikasikan pikiran matematisnya secara lisan dan tertulis kepada teman-temannya, para dosen, dan kepada yang lainnya, dengan indikator-indikator, mampu: (1) Mengomunikasikan pikiran matematisnya secara koheren dan jelas kepada teman-temannya, para dosen, dan kepada yang lainnya; (2) Menggunakan bahasa matematika untuk mengekspresikan ide/gagasannya secara tepat; (3) Mengelola pikiran matematisnya melalui komunikasi; dan (4) Menganalisis dan mengevaluasi pikiran matematis dan strategi-strategi orang lain.

Penjelasan untuk setiap indikator komunikasi matematis dari NCTM Program Standards tersebut adalah sebagai berikut. Indikator pertama, yaitu mampu mengomunikasikan pikiran matematisnya secara koheren dan jelas kepada teman-temannya, para dosen, dan yang lainnya, dapat dimaknai bahwa seorang mahasiswa calon guru matematika haruslah mampu menyebutkan dan menuliskan alasan dari setiap langkah penyelesaian masalah matematika yang dikemukakannya dengan masuk akal, benar, lengkap, sistematis, dan jelas. Kemampuan ini sangat penting baginya kelak kalau menjadi guru, sebab ia akan berperan menjadi fasilitator dan mediator bagi siswa yang belajar matematika.

Indikator ke-dua, yaitu mampu menggunakan bahasa matematis untuk mengekspresikan ide/gagasannya secara tepat, bermakna bahwa sangatlah penting bagi seorang calon guru matematika untuk mampu menyampaikan ide matematisnya dalam istilah yang formal digunakan dalam matematika. Hal ini karena ia nanti harus mampu membimbing siswa beralih dari bahasa sehari-hari ke bahasa matematis, atau dari informal ke formal. Hal pokok yang penting terkait hal ini adalah seorang calon guru harus mampu menggunakan istilah, gambar, tabel, diagram, notasi, atau rumus matematika secara tepat.

Indikator ke-tiga, yaitu mampu mengelola pikiran matematisnya melalui komunikasi, bermakna bahwa seorang calon guru matematika harus dapat

menyampaikan ide atau gagasannya tentang matematika, melalui komunikasi, baik lisan maupun tertulis. Berlatih menulis sesuatu tentang matematika atau pendidikan matematika akan sangat berguna baginya dalam meningkatkan pemahaman akan apa yang dituliskannya, sebab ketika seseorang menuliskan gagasannya ia akan dituntut untuk merefleksi atau mengklarifikasi apa-apa yang dituliskannya.

Indikator ke-empat, yaitu mampu menganalisis dan mengevaluasi pikiran matematis dan strategi orang lain, penting bagi seorang calon guru matematika agar kalau ia menjadi guru nantinya ia mampu: (1) memahami, menerima, dan menghargai jalan pikiran siswa yang beragam; (2) mengklarifikasi, mengoreksi, atau meluruskan jalan pikiran siswa yang keliru; (3) membimbing diskusi siswa; dan (4) merespon pertanyaan dan jawaban siswa dengan cepat dan tepat.

Memperhatikan uraian tentang komunikasi matematis seperti tersebut di atas, dapatlah disimpulkan bahwa seseorang dikatakan mempunyai kemampuan komunikasi matematis yang baik apabila ia mampu mengomunikasikan ide matematisnya kepada orang lain dengan jelas, tepat, dan efektif, dengan menggunakan istilah matematis yang sesuai, baik secara lisan maupun tertulis. Khusus untuk komunikasi matematis secara tertulis yang akan dikaji dalam penelitian ini, indikator yang digunakan untuk mengetahui apakah seorang mahasiswa calon guru matematika telah mempunyai kemampuan komunikasi matematis yang baik adalah apabila ia mampu: (1) Menuliskan dengan benar apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan menggunakan notasi yang benar atau menggunakan kalimat yang jelas/sederhana; (2) Menuliskan dengan benar alasan atau penjelasan untuk setiap jawaban atau langkah penyelesaian masalah yang dipilihnya; dan (3) Menggunakan istilah, notasi, tabel, diagram, bagan, gambar, atau ilustrasi dengan tepat.

B. Kemampuan Koneksi Matematis

Sejak Sekolah Dasar siswa diperkenalkan pada banyak konsep matematika. Bagaimana para siswa membentuk konsep-konsep matematika di dalam benak mereka, sebagian besar tergantung bagaimana para guru matematika Sekolah Dasar memperkenalkan konsep tersebut kepada para siswa. Mulai dari konsep yang dasar, seperti konsep bilangan, sampai dengan konsep yang lebih lanjut seperti sudut, yang

semuanya abstrak, tentulah harus diperkenalkan oleh para guru dengan cara yang benar, yaitu cara yang sesuai dengan tingkat berfikir siswa.

Semakin hari, konsep-konsep matematika yang ada dalam pikiran siswa tentulah semakin banyak seiring penambahan pengalaman mereka. Agar aneka konsep, obyek, ide, atau gagasan matematika tersebut lebih bertahan lama dalam pikiran siswa, dan agar konsep yang sudah dipunyai siswa dapat dikembangkan untuk membangun konsep, ide atau gagasan baru, maka siswa harus mampu mencari hubungan antar konsep, dan bahkan mencari hubungan suatu konsep, ide, atau gagasan matematis dengan konsep, ide, atau gagasan pada mata pelajaran lain dan pada kehidupan sehari-hari. Kemampuan seperti itu dinamakan kemampuan koneksi matematis (*mathematical connection*).

Sumarmo (2006) mengungkapkan bahwa yang tergolong kemampuan koneksi matematik adalah: (1) mencari hubungan berbagai representasi konsep dan prosedur; (2) memahami hubungan antar topik matematika; (3) menerapkan matematika dalam bidang lain atau dalam kehidupan sehari-hari; (4) memahami representasi ekuivalen suatu konsep; (5) mencari hubungan satu prosedur dengan prosedur lain dalam representasi yang ekuivalen; dan (6) menerapkan hubungan antar topik matematika dan antara topik matematika dengan topik di luar matematika.

Tentang pentingnya mengembangkan koneksi matematis siswa, Mousley (2004) menyatakan bahwa membangun koneksi matematis merupakan aktifitas sangat penting yang harus dilakukan oleh guru dan siswa dalam pembelajaran matematika agar bisa terbentuk pemahaman matematis siswa. Selanjutnya, menurut Mousley (2004) ada 3 macam koneksi matematis yang perlu dikembangkan pada diri siswa yaitu: (a) koneksi antara pengetahuan matematika baru dengan pengetahuan matematika yang sudah ada sebelumnya; (b) koneksi antar konsep-konsep matematika, dan (c) koneksi antara matematika dengan kehidupan sehari-hari.

Kemampuan koneksi matematis ini merupakan salah satu kemampuan matematis yang harus dikembangkan pada diri siswa melalui pembelajaran matematika, bahkan mulai di pra-TK. NCTM (2000) menyebutkan bahwa program-program pembelajaran dari pra-TK hingga kelas 12 mesti mampu membuat siswa untuk: (1) mengenali dan memanfaatkan hubungan-hubungan antar gagasan-gagasan

matematis; (2) memahami bagaimana gagasan-gagasan matematis tersebut saling berhubungan dan saling mendasari satu sama lain untuk menghasilkan suatu keutuhan yang koheren; dan (3) mengenali dan menerapkan matematika di dalam konteks-konteks di luar matematika.

Karena mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika nantinya harus kompeten dalam membangun kemampuan koneksi matematis siswa, maka sebagai mahasiswa juga harus memiliki kemampuan koneksi matematis yang memadai. Untuk itu pembekalan kemampuan koneksi matematis mahasiswa menjadi hal mutlak yang harus dilakukan.

Mampu mengenali dan memanfaatkan hubungan-hubungan antar konsep atau gagasan matematis penting untuk mahasiswa calon guru matematika agar kelak ia juga mampu mengajarkan matematika sebagai hal yang utuh, bukan konsep-konsep yang tidak saling berhubungan. Jika siswa menemukan bahwa rumus yang satu bisa diperoleh dari rumus yang lain, misal rumus luas segitiga dapat diturunkan dari rumus luas segi empat, maka siswa menjadi tahu bahwa tidak semua rumus harus dihafalkan. Semakin banyak hubungan yang diketahui siswa, semakin ia menyadari bahwa matematika bukanlah mata pelajaran yang penuh rumus yang harus dihafalkan semua.

Mampu mengenali dan menerapkan matematika di dalam konteks-konteks di luar matematika, baik di dalam pelajaran lain, maupun di dalam kehidupan sehari-hari, penting bagi mahasiswa calon guru matematika agar ia juga nantinya mampu menunjukkan kepada para siswa bahwa matematika banyak kegunaannya. Kemampuan mengoneksikan konsep, ide, atau gagasan matematis dengan pelajaran lain dan dengan kehidupan sehari-hari akan membantunya dalam menerapkan pembelajaran tematik dan kontekstual.

Memperhatikan uraian tentang koneksi matematis seperti tersebut di atas, dapatlah disimpulkan bahwa seseorang dikatakan mempunyai kemampuan koneksi matematis yang baik apabila ia mampu menghubungkan antar konsep dan obyek matematis dalam matematika, pelajaran lain, dan dalam kehidupan sehari-hari, dan sebaliknya yaitu mampu mengubungkan masalah sehari-hari, masalah dalam pelajaran lain, dengan matematika.

Khusus untuk kemampuan koneksi matematis yang akan dikaji dalam penelitian ini, indikator yang digunakan untuk mengetahui apakah seorang mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah (mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika) telah mempunyai kemampuan koneksi matematis yang baik adalah apabila ia mampu: (1) menyatakan dengan benar hubungan antar fakta, konsep, atau prinsip matematika; (2) Menyebutkan konsep, prinsip, atau teorema yang mendasari solusi dari permasalahan matematis yang diberikan; (3) Menggunakan dengan benar konsep, prinsip, atau teorema untuk menyelesaikan masalah; dan (4) Menyusun model matematis dari masalah sehari-hari atau membuat contoh masalah sehari-hari dari model matematis yang diberikan.

C. Studi Pendahuluan, Hasil, dan Roadmap Penelitian

Selama tiga tahun terakhir peneliti mengampu perkuliahan Matematika Diskret di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, baik untuk Program Studi Matematika maupun Pendidikan Matematika. Sebelumnya, sekitar tahun 1990-an peneliti juga berpengalaman menjadi asisten dosen untuk perkuliahan Matematika Diskret. Belajar dari fakta yang ditemukan di kelas, khususnya untuk perkuliahan Matematika Diskret bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang merupakan calon guru matematika sekolah menengah, maka banyak hal yang perlu dibenahi pada perkuliahan Matematika Diskret dari waktu ke waktu, termasuk pemilihan strategi perkuliahan dan dukungan bahan ajarnya.

Pada tahun 2009, peneliti telah melakukan studi pendahuluan terhadap beberapa kemampuan matematis mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FMIPA UNY yang menemuh perkuliahan Matematika Diskret. Dilanjutkan dengan penelitian untuk disertasi doktor pada tahun 2010 dengan judul “Analisis Implementasi Strategi Perkuliahan Kolaboratif Berbasis Masalah dalam Mengembangkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis, Kemampuan Komunikasi Matematis, dan Keyakinan (*Belief*) terhadap Pembelajaran Matematika (Studi Eksperimen pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta)”. Implementasi Strategi Perkuliahan Kolaboratif Berbasis Masalah ini pada perkuliahan Matematika Diskret untuk mahasiswa semester 5 Program Studi

Pendidikan Matematika, baik untuk mahasiswa kelas reguler (bersubsidi) maupun mahasiswa kelas non reguler (swadana).

Dalam rangka mengimplementasikan Strategi Perkuliahan Kolaboratif Berbasis Masalah pada perkuliahan Matematika Diskret tersebut telah dikembangkan bahan ajar berupa handout, yang pengembangannya mendapatkan Hibah Disertasi Doktor pada tahun 2010. Handout yang dikembangkan berbasis masalah dan terutama difokuskan untuk meningkatkan: (1) Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis; (2) Kemampuan Komunikasi Matematis; dan (3) Keyakinan (*Belief*) mahasiswa terhadap Pembelajaran Matematika. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan keunggulan Strategi Perkuliahan Kolaboratif Berbasis Masalah dibandingkan strategi konvensional (Djamilah Bondan Widjajanti, 2010). Keunggulan ini antara lain juga didukung adanya bahan ajar yang dikembangkan berbasis masalah.

Namun, dari studi pustaka lebih lanjut yang dilakukan peneliti, dapat diketahui bahwa selain kemampuan pemecahan masalah dan kemampuan komunikasi matematis, ada kemampuan lain, yaitu kemampuan koneksi dan representasi matematis yang juga penting untuk dikuasai mahasiswa calon guru matematika (NCTM, 2000). Oleh karena itu, hasil penelitian tahun 2010 tersebut menjadi titik tolak untuk melakukan penelitian lebih lanjut, dimana bahan ajar yang sudah ada akan dikembangkan lagi dengan menambahkan aspek koneksi dan representasi.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan khusus penelitian pengembangan ini adalah dihasilkannya produk berupa: (1) Bahan Ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel yang valid, praktis, dan efektif ; dan (2) Publikasi ilmiah tentang efektifitas bahan ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah.

Penelitian pengembangan ini direncanakan selama 2 tahun. Tahun pertama untuk merancang, mengembangkan, dan melakukan uji coba terbatas terhadap bahan ajar yang dikembangkan, sedangkan tahun kedua digunakan untuk melakukan revisi, uji coba diperluas, dan mengevaluasi bahan ajar yang dikembangkan.

B. Manfaat Penelitian

Bahan Ajar Matematika Diskret berbasis Representasi Multipel sebagai hasil penelitian pengembangan ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Mahasiswa Calon Guru Matematika Sekolah Menengah, sebagai tambahan sumber belajar Matematika Diskret yang secara empiris telah diketahui efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi dan koneksi Matematis mahasiswa calon guru matematika,
2. Dosen Jurusan Pendidikan Matematika atau pakar pendidikan matematika, sebagai dasar bahan kajian untuk mengembangkan bahan ajar yang sejenis.

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Model dan Prosedur Pengembangan

Penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE* yaitu pengembangan produk melalui tahap *Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate*. Prosedur yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut.

1) Tahap *Analysis*

Pada tahap analisis ini dilakukan prosedur analisis, meliputi analisis kebutuhan, analisis kurikulum (khususnya standar kompetensi dan kompetensi dasar Matematika Diskret untuk mahasiswa calon guru matematika sekolah menengah), analisis materi, dan analisis karakteristik mahasiswa calon guru matematika pada umumnya.

2) Tahap *Design*

Pada tahap *design* ini peneliti merancang struktur dan isi bahan ajar Matematika Diskret yang akan dikembangkan, merancang instrumen untuk menilai kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya, serta merancang teknik analisis data yang digunakan untuk menarik kesimpulan.

3) Tahap *Development*

Pada tahap *development* ini peneliti mengembangkan bahan ajar, instrumen dan panduan penilaian melalui serangkaian *Focus Group Discussion* (FGD) dengan beberapa dosen Matematika Diskret di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY.

4) Tahap *Implement*

Pada tahap *implement* ini direncanakan dilakukan uji coba terbatas dan uji coba diperluas. Uji coba terbatas dilakukan di tahun pertama, sedangkan uji coba diperluas akan dilakukan di tahun kedua.

5) Tahap *Evaluate*

Pada tahap *evaluate* ini dilakukan evaluasi terhadap kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan bahan ajar yang dikembangkan. Aspek keefektifan ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis subyek uji coba. Setelah

memperoleh hasil evaluasi akan dilakukan proses revisi sebagai bagian dari tahap *development* untuk kemudian dilakukan uji coba diperluas setelah bahan ajar direvisi.

B. Desain Uji Coba Produk

1) Desain Uji Coba

Dalam rancangan penelitian pengembangan ini, bahan ajar yang akan dikembangkan direncanakan akan diuji cobakan sebanyak dua kali, yaitu uji coba terbatas di tahun pertama dan uji coba diperluas di tahun kedua. Namun, uji coba terbatas di tahun pertama ini tidak berjalan sepenuhnya sebagaimana yang direncanakan karena faktor waktu. Uji coba sudah harus dimulai pada bulan Februari 2013, karena mata kuliah Matematika Diskret dilaksanakan pada semester genap Februari-Mei, sedangkan kepastian diterima/tidaknya proposal yang diajukan baru pada bulan Mei 2013. Oleh karena itu, tim peneliti terpaksa melakukan modifikasi dari rencana semula, yaitu bahan ajar tidak bisa diberikan sekaligus pada mahasiswa di awal perkuliahan, tetapi diberikan per bab, dan hanya dicetak hitam-putih, terutama karena keterbatasan dana untuk penggandaan.

2) Subyek Coba

Subyek uji coba yang digunakan pada penelitian ini adalah 41 mahasiswa Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret pada semester Februari-Juni 2013.

C. Instrumen Pengumpulan Data

- 1) Untuk menilai kevalidan bahan ajar telah dikembangkan instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data guna menarik kesimpulan apakah bahan ajar yang dikembangkan layak digunakan tanpa revisi, layak digunakan dengan revisi, ataukah tidak layak digunakan atau diproduksi. Instrumen berbentuk *rating-scale*, dengan 5 kategori penilaian, dari sangat baik, baik, cukup, kurang, dan tidak baik.
- 2) Untuk menilai kepraktisan bahan ajar digunakan instrumen berupa lembar observasi pelaksanaan perkuliahan, angket tanggapan mahasiswa, dan panduan wawancara terhadap dosen dan mahasiswa. Namun, sampai dengan laporan ini disusun, instrumen ini masih berupa draf yang masih perlu untuk direvisi.

- 3) Untuk menilai keefektifan bahan ajar yang dikembangkan, ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa, digunakan instrumen tes, berbentuk soal uraian, masing-masing terdiri empat soal yang dikembangkan oleh tim peneliti dan divalidasi oleh lima (5) orang dosen Jurdik Matematika FMIPA UNY.

Indikator untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis adalah mahasiswa mampu: (1) menuliskan dengan benar apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan menggunakan notasi yang benar atau menggunakan kalimat yang jelas/sederhana; (2) menuliskan dengan benar alasan atau penjelasan untuk setiap jawaban atau langkah penyelesaian yang dipilihnya; dan (3) menggunakan istilah, notasi, tabel, diagram, bagan, gambar, atau ilustrasi dengan tepat.

Indikator untuk kemampuan koneksi matematis adalah mahasiswa mampu (1) menyatakan dengan benar hubungan antar fakta, konsep, atau prinsip matematika; (2) menyebutkan konsep, prinsip, atau teorema yang mendasari solusi dari permasalahan matematis yang diberikan; (3) menyelesaikan masalah menggunakan konsep, prinsip, atau teorema dengan benar; dan (4) menyusun model matematis dari masalah sehari-hari atau membuat contoh masalah sehari-hari dari model matematis yang diberikan.

D. Teknik analisis Data

Bahan ajar dikatakan valid, praktis, dan efektif jika memenuhi kriteria sebagai berikut.

- 1) Untuk kevalidan dan kepraktisan, karena masing-masing instrumen terdiri dari 20 butir pertanyaan, bahan ajar akan dinilai oleh 3 orang validator, dan skor minimal yang mungkin adalah 3×20 dan skor maksimal yang mungkin adalah 3×100 , maka menggunakan kriteria dari Saifuddin Azwar (2010), dengan $M = (\text{skor maksimal} + \text{skor minimal})/2 = 180$, dan $S = (\text{skor maksimal} - \text{skor minimal})/6 = 40$, diperoleh kategorisasi tingkat kevalidan dan kepraktisan sebagaimana dalam Tabel 1 berikut. Bahan ajar dikatakan memiliki kevalidan/kepraktisan yang tinggi jika minimal dari ketiga penilai diperoleh total skor lebih dari 200.

Tabel 1.

Kategorisasi Tingkat Kevalidan dan Kepraktisan

Total Skor (X)		Kategori	
$X \geq M - 1.5 S$	$X \geq 120$	Sangat rendah	
$M - 1.5 S < X < M - 0.5 S$	$120 < X < 160$	Rendah	
$M - 0.5 S < X < M + 0.5 S$	$160 < X < 200$	Cukup	
$M + 0.5 S < X < M + 1.5 S$	$200 < X < 240$	Tinggi	
$X > M + 1.5 S$	$X > 240$	Sangat Tinggi	

- 2) Untuk keefektivan bahan ajar, skor minimal dan maksimal untuk setiap indikator kemampuan komunikasi matematis, berturut-turut adalah 0 dan 3. Sedangkan skor minimal dan maksimal untuk setiap indikator kemampuan koneksi matematis, berturut-turut adalah 0 dan 6. Kriteria untuk menilai keefektivan bahan ajar yang dikembangkan ditetapkan oleh tim peneliti, yaitu bahan ajar yang berupa diktat perkuliahan dikatakan efektif jika minimal ada 75% subyek uji coba yang memperoleh skor kemampuan komunikasi dan koneksi matematis dalam kategori tinggi atau sangat tinggi. Menggunakan kriteria pengelompokan dari Saifuddin Azwar (2010), dengan $M = (\text{skor maksimal} + \text{skor minimal})/2 = 18$, dan $S = (\text{skor maksimal} - \text{skor minimal})/6 = 6$ diperoleh kategorisasi tingkat kemampuan sebagaimana dalam Tabel 2 berikut

Tabel 2.

Kategorisasi Kemampuan

Total Skor (X)		Kategori	
$X \geq M - 1.5 S$	$X \geq 9$	Sangat rendah	
$M - 1.5 S < X < M - 0.5 S$	$9 < X < 15$	Rendah	
$M - 0.5 S < X < M + 0.5 S$	$15 < X < 21$	Sedang	
$M + 0.5 S < X < M + 1.5 S$	$21 < X < 27$	Tinggi	
$X > M + 1.5 S$	$X > 27$	Sangat tinggi	

BAB V

HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan

Hasil pengembangan berupa bahan ajar Matematika Diskret, yang berbentuk diktat kuliah, yang terdiri dari 4 Bab yaitu: (1) Kombinatorik; (2) Relasi Rekurensi; (3) Fungsi Pembangkit; dan (4) Pengantar Teori Graf. Dari hasil beberapa kali FGD dengan kolega dosen Matematika Diskret di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, telah ditambahkan beberapa contoh masalah-masalah kontekstual, yang dengan cara bertanya yang tidak seperti kebanyakan pertanyaan di buku lain diharapkan dapat membantu mahasiswa calon guru matematika mengembangkan kemampuan koneksi dan komunikasi matematisnya. Sebagai contoh, pertanyaan-pertanyaan berikut.

Sebuah Bank mempunyai nasabah kurang dari **100.000** orang. *Password* yang dimiliki setiap nasabah menggunakan **6** angka dari **0,1,2,..., 9**, dengan angka pertama bukan **0** dan setiap angka paling banyak hanya muncul **1** kali dalam *password* tersebut. Jika tahun depan diperkirakan jumlah nasabah akan bertambah menjadi **150.000** orang, masihkah *password* yang terdiri dari **6** angka dengan ketentuan seperti tersebut di atas mencukupi? Mengapa?

Demikian juga dengan contoh berikut. Dengan cara bertanya yang tidak hanya “hitunglah” atau “berapakah” diharapkan mahasiswa terlatih menjawab soal atau menyelesaikan masalah lengkap dengan alasannya.

Seseorang membeli koper dilengkapi dengan kode kunci pengaman dalam **4** angka yang berlainan. Ia lupa berapa nomer kode untuk membuka kopernya. Jika ia mencoba **1000** nomer kode, seperti **0123, 3210, 1357, 2658, 9012**, dst, pastikah kopernya akan dapat dibuka? Mengapa?

Beberapa soal/masalah kontekstual yang disajikan juga dipilih sedemikian juga memungkinkan mahasiswa menjawabnya dengan lebih dari satu representasi. Berikut ini salah satu contohnya.

Sebuah permainan gelang di suatu pasar malam mempunyai aturan sebagai berikut. Setiap peserta permainan harus membeli 4 gelang dengan total harga Rp.10.000,-. Gelang-gelang tersebut harus dilemparkan sekaligus ke dalam kaleng tanpa tutup yang letaknya 3 meter dari pelempar. Jika sebanyak k gelang berhasil dimasukkan ke dalam kaleng, peserta akan mendapat k amplop, bernomor 1, 2, . . . , k . Amplop-amplop tersebut mungkin kosong, tetapi mungkin juga berisi uang. Jika amplop-amplop tersebut berisi uang, amplop nomor 1 berisi **Rp.20.000,-**, nomor 2 berisi **Rp.50.000,-**, nomor 3 berisi **Rp.100.000,-**, dan nomor 4 berisi **Rp. 250.000,-**. Jika seseorang beruntung, yaitu mendapatkan minimal sebuah amplop yang berisi uang, tuliskan berapa saja jumlah uang yang mungkin ia terima. Bagaimana anda meyakinkan diri anda bahwa anda telah menuliskan **semua** jumlah uang yang mungkin ia terima?

Salah satu cara menjawab masalah tersebut adalah sebagai berikut.

Jika seseorang beruntung, maka jumlah uang yang mungkin ia terima adalah:

Jumlah amplop tak kosong	Jumlah uang yang mungkin (ribu rupiah)	Keterangan
1	20, 50, 100, 250	
2	70, 120, 150, 270, 300, 350	Jumlah dari 2 isi amplop yang mungkin
3	170, 320, 370, 400	Jumlah dari 3 isi amplop yang mungkin
4	420	= 20 + 50 + 100 + 250

Bahwa daftar tersebut di atas sudah mencakup semua jumlah yang mungkin dapat dijelaskan sebagai berikut: karena dari setiap amplop hanya ada 2 hasil yang mungkin, yaitu kosong atau isi, maka untuk seseorang yang beruntung, akan mempunyai 15 hasil (jumlah uang yang diperolehnya) yang mungkin, yaitu dari $2^4 - 1 = 15$ (seluruh hasil yang mungkin dikurangi hasil semua amplop kosong), atau dari:

$$C_1^4 + C_2^4 + C_3^4 + C_4^4 = 4 + 6 + 4 + 1 = 15 \text{ jumlah yang mungkin.}$$

Atau dapat juga dijawab dengan cara sebagai berikut.

Kemungkinan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1
Amplop 1	K	K	K	K	K	K	K	K	I	I	I	I	I	I	I	I
Amplop 2	K	K	K	K	I	I	I	I	K	K	K	K	I	I	I	I
Amplop 3	K	K	I	I	K	K	I	I	K	K	I	I	K	K	I	I
Amplop 4	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I
Jumlah uang (ribu rupiah)	0	2	1	3	5	3	1	4	2	2	1	3	7	3	1	4
		5	0	5	0	0	5	0	0	7	2	7	0	2	7	2
		0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0

Catatan: K = kosong, I = isi

B. Hasil Uji Coba Produk

Tabel 3 berikut ini menyajikan distribusi frekuensi perolehan skor untuk kemampuan komunikasi dan koneksi matematis dari 41 mahasiswa yang digunakan sebagai subyek coba dalam penelitian ini.

Tabel 3.
Distribusi Frekuensi Skor Kemampuan Komunikasi dan Koneksi Matematis

Total Skor (X)	Kategori	Komunikasi		Koneksi	
		Frek	(%)	Frek	(%)
X 9	Sangat rendah	0	0	0	0
9 < X 15	Rendah	2	5	1	2
15 < X 21	Sedang	7	20	6	15
21 < X 27	Tinggi	27	66	26	63
X ≥ 27	Sangat tinggi	5	12	8	20
Jumlah		41	100	41	100

C. Pembahasan

Dari data pada Tabel 3 dapat diketahui ada 78% mahasiswa (32 dari 41) yang memperoleh skor kemampuan komunikasi matematis lebih dari 21, dan ada 83% mahasiswa (34 dari 41) yang memperoleh skor kemampuan koneksi matematis lebih dari 21. Sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan maka dapat disimpulkan bahwa dalam uji coba terbatas yang dilakukan terhadap 41 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FMIPA UNY ternyata **bahan ajar yang dikembangkan oleh peneliti dapat dikategorikan efektif** ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa.

Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis peneliti bahwa bahan ajar yang berupa Diktat Perkuliahan Matematika Diskret yang berbasis representasi multipel efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis mahasiswa calon guru matematika. Hasil ini juga mendukung pernyataan NCTM (2000) bahwa representasi akan mendukung siswa dalam memahami konsep-konsep matematika dan hubungannya, mengomunikasikan pendekatan atau argumen matematis, menghubungkan beragam konsep, dan dalam menggunakan pendekatan matematis untuk menyelesaikan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Walaupun secara keseluruhan hasil uji coba terbatas ini menunjukkan bahan ajar efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis, namun jika

diperhatikan lebih rinci dari pekerjaan mahasiswa yang memperoleh skor kurang dari 22 (jadi termasuk dalam kategori rendah atau sedang) maka dapat diketahui bahwa kesalahan/kekurangan yang paling menonjol adalah kemampuan mahasiswa dalam memberi alasan. Hasil yang demikian ini memberi petunjuk bahwa perintah untuk memberi alasan/penjelasan pada setiap langkah penyelesaian soal/masalah perlu diperbanyak dan diberi penekanan.

Untuk aspek penggunaan istilah, notasi, tabel, diagram, bagan, gambar, atau ilustrasi dalam mengomunikasikan ide/gagasan, khususnya dalam rangka menyelesaikan soal/masalah yang diberikan, walaupun skor total mencapai 306 dari skor maksimal yang mungkin sebesar 369, namun beberapa kesalahan mahasiswa dalam hal ini cukup memerlukan perhatian. Sebagai contoh, untuk menjawab soal/masalah sebagai berikut.

Di suatu Negeri Dongeng, setiap pasang kelinci melahirkan dua pasang kelinci pada saat usia mereka satu bulan dan melahirkan enam pasang kelinci lagi setiap bulannya mulai usia mereka dua bulan. Dapatkah Anda menghitung banyak pasang kelinci di negeri dongeng tersebut pada bulan ke- n ? Jika dapat, hitunglah. Jika tidak, jelaskan alasan Anda dan lengkapi dengan informasi yang diperlukan hingga Anda dapat menghitungnya, kemudian hitunglah.

Salah satu jawaban mahasiswa adalah sebagai tampak pada Gambar 1 berikut.

bulan	kelinci (dari pasangan)			jumlah kelinci (dari pasangan)
	bulan	Remaja	Tua	
0	1	-	-	1
1	$1 \times 2 = 2$	1	-	3
2	$2 \times 2 + 1 \times 2 = 6$	2	-	13
3	$6 \times 2 + 2 \times 2 = 16$	10	$2 + 1 = 3$	31

dit

$$Q_n = 10 \cdot 2 + 3 \cdot 6 + 10 + 3$$

$$Q_1 = 10 \cdot 3 + 3 \cdot 2$$

$$Q_2 = (2 \times 2 + 1 \times 6) \cdot 3 + (10 + 1) \cdot 2$$

$$Q_3 = (2 \times 2 + 1 \times 6) \cdot 10 + (10 + 1) \cdot 3$$

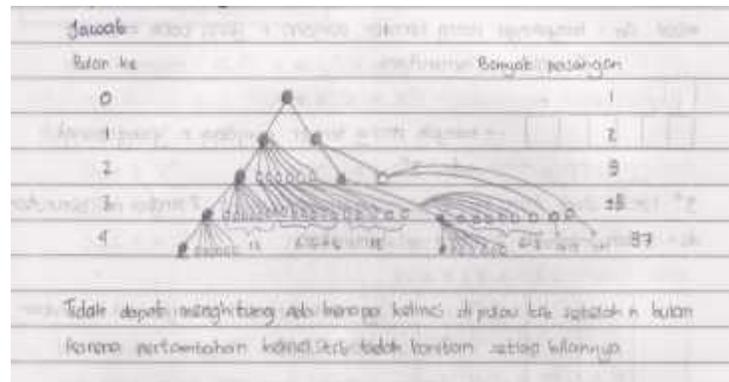
$$Q_n = (2n-2 + 1 \times 6)Q_{n-1} + (2n-1)Q_{n-2}$$

Gambar 1 Contoh Jawaban Mahasiswa

Memperhatikan cara/metode yang digunakan mahasiswa untuk menyelesaikan soal/masalah sebagaimana tampak pada Gambar 1 tersebut, dapat diidentifikasi bahwa

mahasiswa yang bersangkutan kurang tepat dalam memilih ilustrasi/tabel untuk membantunya mengenali pola jawaban. Walaupun ia sudah memperoleh jawaban benar sampai bulan ke-3, namun ia gagal dalam merumuskan jawaban akhir.

Lain halnya dengan jawaban mahasiswa sebagaimana tampak dalam Gambar 2 berikut. Penggunaan diagram yang kurang tepat menjadikan ia kesulitan untuk menggambarkan apa yang ia inginkan pada baris-baris berikutnya,



Gambar 2 Contoh Jawaban Mahasiswa

D. Keterbatasan Penelitian

Secara internal, waktulah yang seringkali menjadi keterbatasan dalam penelitian pengembangan ini. Beberapa kali FGD tidak dapat dilaksanakan karena berbagai kegiatan yang lain. Secara eksternal, pengumuman penerimaan proposal dan turunnya dana agak terlambat jika dikaitkan dengan kegiatan uji coba yang sudah harus dilaksanakan pada semester genap Februari-Mei 2013. Hal ini berakibat diktat kuliah yang diuji cobakan tidak dikembangkan dan digandakan sekaligus, tetapi bertahap bab demi bab, juga hanya dicetak hitam-putih. Juga, diktat sudah harus diuji cobakan sebelum divalidasi.

BAB VI

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Karena produk (yang berupa Diktat Matematika Diskret) yang dikembangkan baru duuji cobakan secara terbatas pada 41 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FMIPA UNY yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret di semestere Februari-Juni 2013 untuk mengetahui keefektivannya, dan belum dinilai kevalidan dan kepraktisannya, maka di tahun 2014 direncanakan:

2. Melakukan revisi terhadap diktat hasil 2013 berdasarkan hasil uji keefektifan
3. Memvalidasi diktat hasil revisi tersebut kepada 3 orang validator
4. Merevisi ulang diktat berdasarkan masukan dari validator
5. Melaksanakan uji coba diperluas, tidak hanya di Prodi Pendidikan Matematika UNY, tetapi juga di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, atau di Universitas PGRI Yogyakarta untuk mengetahui kepraktisan dan keefektivannya.

Sebagai tambahan informasi, efektifitas bahan ajar yang dikembangkan ini sudah dideseminasikan melalui forum Seminar Nasional di UNY pada tanggal 9 November 2013. Para peserta seminar cukup tertarik dengan pendekatan yang digunakan dalam penyajian materi pada diktat ini, yaitu berbasis Representasi Multipel. Sebagai bukti ketertarikan tersebut, dosen dari UIN, UPY, dan beberapa tempat lain menawarkan diri dan bersedia menjadikan perkuliahan mereka untuk digunakan sebagai tempat uji coba di tahun 2014.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil uji coba terbatas terhadap 41 mahasiswa Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang menempuh perkuliahan Matematika Diskret pada semester Februari-Juni 2013 dapat disimpulkan bahwa dalam uji coba terbatas ini bahan ajar yang dikembangkan oleh peneliti dapat dikategorikan efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis.

Meskipun secara keseluruhan hasil uji coba sudah menunjukkan bahwa bahan ajar yang berupa Diktat Perkuliahan Matematika Diskret telah efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis, namun diktat tersebut masih memerlukan beberapa tambahan/revisi. Tambahan yang pertama adalah perlunya penekanan untuk memberi contoh dan perintah untuk memberi alasan/penjelasan dalam setiap langkah penyelesaian soal/masalah. Tambahan lainnya adalah contoh soal/masalah yang dalam memperoleh penyelesaiannya dapat dibantu dengan beragam representasi.

B. Saran

Kesimpulan sementara yang diperoleh dari uji coba terbatas ini, yang menyatakan bahwa bahan ajar Matematika Diskret yang dikembangkan berbasis Representasi Multipel ini oleh peneliti dapat dikategorikan efektif ditinjau dari kemampuan komunikasi dan koneksi matematis maka disarankan kepada para dosen yang bermaksud mengembangkan kemampuan koneksi dan komunikasi matematis mahasiswa calon guru matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Djohar. (2006). *Guru, Pendidikan & Pembinaannya*. Yogyakarta: CV. Grafika Indah.
- Har, Yeap Ban. (2007). *The Singapore Mathematics Curriculum and Mathematical Communication*. Paper presented at APEC-TSUKUBA International Conference III. December 9-14, 2007, Tokyo Kanazawa and Kyoto, Japan. Tersedia: <http://e-archive.criced.tsukuba.ac.jp/data/doc/pdf/2007/> [15 Maret 2011].
- Isoda, M. (2007). *How can we develop classroom communication? With an example of classroom dialectic*. Paper presented at APEC-TSUKUBA International Conference III. December 9-14, 2007, Tokyo Kanazawa and Kyoto, Japan. Tersedia: <http://e-archive.criced.tsukuba.ac.jp/data/doc/pdf/2007/> [15 Maret 2011].
- Khaing, T.T, K. Hamaguchi, and M. Ohtani, M. (2007). *Development Mathematical Communication in the Classroom*. Paper presented at APEC-TSUKUBA International Conference III, December 9-14, 2007, Tokyo Kanazawa and Kyoto, Japan. Tersedia: <http://e-archive.criced.tsukuba.ac.jp/data/doc/pdf/2007/> [15 Maret 2011].
- Lang, H. R, & Evans, D.N. (2006). *Models, Strategis, and Methods for Effective Teaching*. USA: Pearson Education, Inc.
- Mousley, J. (2004). An Aspect of Mathematical Understanding: The Notion Of Connected Knowing. *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol 3 pp 377–384
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Prinsiples and Standards for School Mathematics*. Reston: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2003). *NCTM Program Standards. Programs for Initial Preparation of Mathematics Teachers. Standards for Secondary Mathematics Teachers*. [Online]. Tersedia: http://www.nctm.org/uploadedFiles/Math_Standards/ [18 Maret 2009].
- Ontario Ministry of Education . 2005. *The Ontario Curriculum*. Online in <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/math18curr.pdf>
- Presiden RI .(2005). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2005 Tentang Standar Nasional Pendidikan*.
- Sumarmo, U. (2006). *Berpikir matematik tingkat tinggi: Apa, Mengapa, dan Bagaimana Dikembangkan pada Siswa Sekolah Menengah dan Mahasiswa Calon Guru*. Makalah Seminar Pendidikan Matematika 22 April 2006 di FMIPA Universitas Padjajaran, Bandung.
- Djamilah Bondan Widjajanti. (2010). *Analisis Implementasi Strategi Perkuliahan Kolaboratif Berbasis Masalah dalam Mengembangkan Kemampuan Pemecahan Masalah*

Matematis, Kemampuan Komunikasi Matematis, dan Keyakinan terhadap Pembelajaran Matematika. Disertasi doktor pada FPS UPI. Bandung: tidak diterbitkan.

Walk, G., M. Congress, and Bansho . (2010). *Communication in the Mathematics Classroom* . Online in <http://www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/>

Wichelt, L. (2009). *Communication: A Vital Skill of Mathematics.* Online in <http://digitalcommons.unl.edu/mathmidactionresearch/>

LAMPIRAN