

Jurnal Math Educator Nusantara (JMEN)

Wahana publikasi karya tulis ilmiah di bidang pendidikan matematika

ISSN : 2459-97345 Volume 2 Nomor 2 Halaman 93 – 186 November 2016

2016

Model Memori Mahasiswa Calon Guru Matematika Dalam Memahami Definisi Formal Barisan Konvergen

Darmadi

FP MIPA IKIP PGRI Madiun

Email: darmadixmadiun@gmail.com

Jurnal Math Educator Nusantara (JMEN) diterbitkan oleh Prodi Pendidikan Matematika bekerja sama dengan LP2M UN PGRI Kediri.

Jalan KH Achmad Dahlan No 76 Kediri.

Alamat Web: <http://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/matematika>

Email address: jme.nusantara@unpkediri.ac.id

MODEL MEMORI MAHASISWA CALON GURU MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI DEFINISI FORMAL BARISAN KONVERGEN

Darmadi

FP MIPA IKIP PGRI Madiun

Email: darmadixmadiun@gmail.com

Abstrak: Banyak ahli atau penulis menjelaskan pemrosesan informasi dengan menggunakan model memori. Makalah ini membahas model memori mahasiswa calon guru matematika dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Model memori tersebut diperoleh berdasarkan hasil penelitian deskriptif-eksploratif dengan pendekatan kualitatif. Untuk mendapatkan kedalaman data, dipilih satu mahasiswa laki-laki dan satu mahasiswa perempuan sebagai subjek penelitian. Untuk mendapatkan kealaman data, digunakan metode wawancara berbasis tugas dengan format semi-terstruktur. Untuk mendapatkan data yang valid, digunakan triangulasi waktu. Untuk menganalisis data, digunakan reduksi, kategorisasi, sintesis, dan penarikan kesimpulan. Model memori mahasiswa laki-laki diperoleh berdasarkan profil berpikir visual mahasiswa laki-laki dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Model memori mahasiswa perempuan diperoleh berdasarkan profil berpikir visual mahasiswa perempuan dalam memahami definisi formal barisan konvergen.

Kata kunci: *berpikir visual, memahami, definisi formal, barisan konvergen, mahasiswa calon guru matematika, gender*

Pendahuluan

Hal terpenting berpikir adalah pemrosesan informasi. Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), pemrosesan informasi (*information processing*) adalah proses yang melibatkan penginderaan informasi melalui medium sensorik, manipulasi informasi yang diindera, dan transformasi informasi-informasi tersebut menjadi unit-unit yang bermakna.

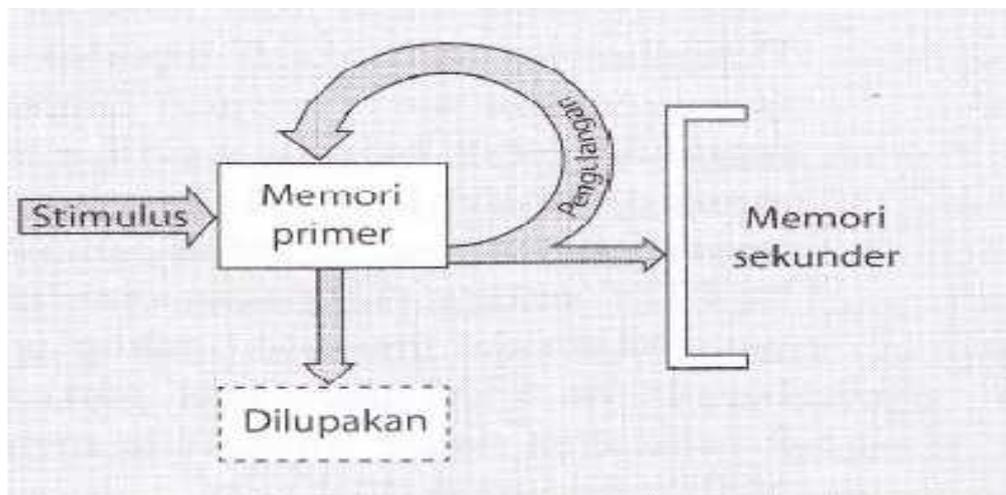
Beberapa ahli memberikan model pemrosesan informasi. Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), model pemrosesan informasi (*information-processing model*) adalah sebuah model yang mengajukan gagasan bahwa informasi diproses melalui serangkaian tahapan. Tiap tahapan, memori melakukan kinerja yang unik. Pada tiap tahapan, informasi diterima dari hasil tahapan yang sebelumnya dan mengirimkan informasi tersebut sebagai masukan (*input*) untuk diproses lebih lanjut.

Pemrosesan informasi selalu melibatkan aspek ingatan atau memori. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan pemrosesan informasi dengan model memori. Suharnan (2005)

menyebut model memori dengan model ingatan. Schunk (2012) menyebut pemrosesan informasi dengan pengolahan informasi. Pemrosesan informasi dalam berpikir dapat dijelaskan dengan memberikan model memori.

Memori sering disebut ingatan. Suharnan (2005) menjelaskan bahwa ingatan (*memory*) adalah penyimpanan pengetahuan di dalam sistem pikiran manusia, yang berlangsung mulai dari beberapa detik sampai dengan sepanjang hidup. Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), memori adalah suatu proses aktif yang melibatkan sejumlah besar area di otak, dan sejumlah area memiliki fungsi lebih dominan dibandingkan area yang lain. Atkinson dan Shiffrin (1968) menggunakan istilah memori untuk mengacu pada data-data yang disimpan, sedangkan penyimpanan mengacu pada komponen struktural yang berisi informasi. Memori pada pembahasan ini lebih mengacu pada data bukan pada penyimpanan.

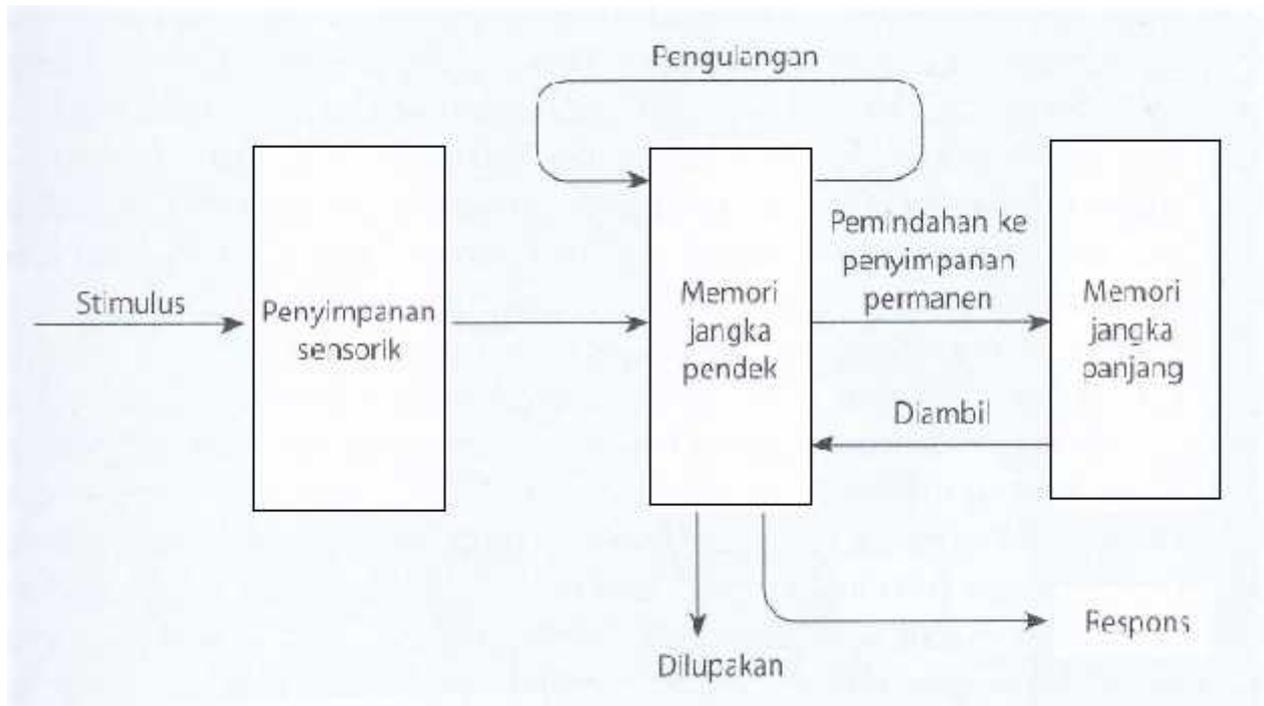
Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), William James mengembangkan konsep memori menjadi memori langsung (*immediate memory*) atau memori primer (*primary memory*) dan memori tidak langsung (*indirect memory*) atau memori sekunder (*secondary memory*). Model memori primer dan sekunder James disajikan sebagai berikut.



Gambar 1 Model Sistem Memori James

Memori primer dihipotesiskan berhubungan dengan kejadian-kejadian yang bersifat seketika. Sedangkan, memori sekunder diasumsikan sebagai memori yang permanen yaitu tidak terhapuskan.

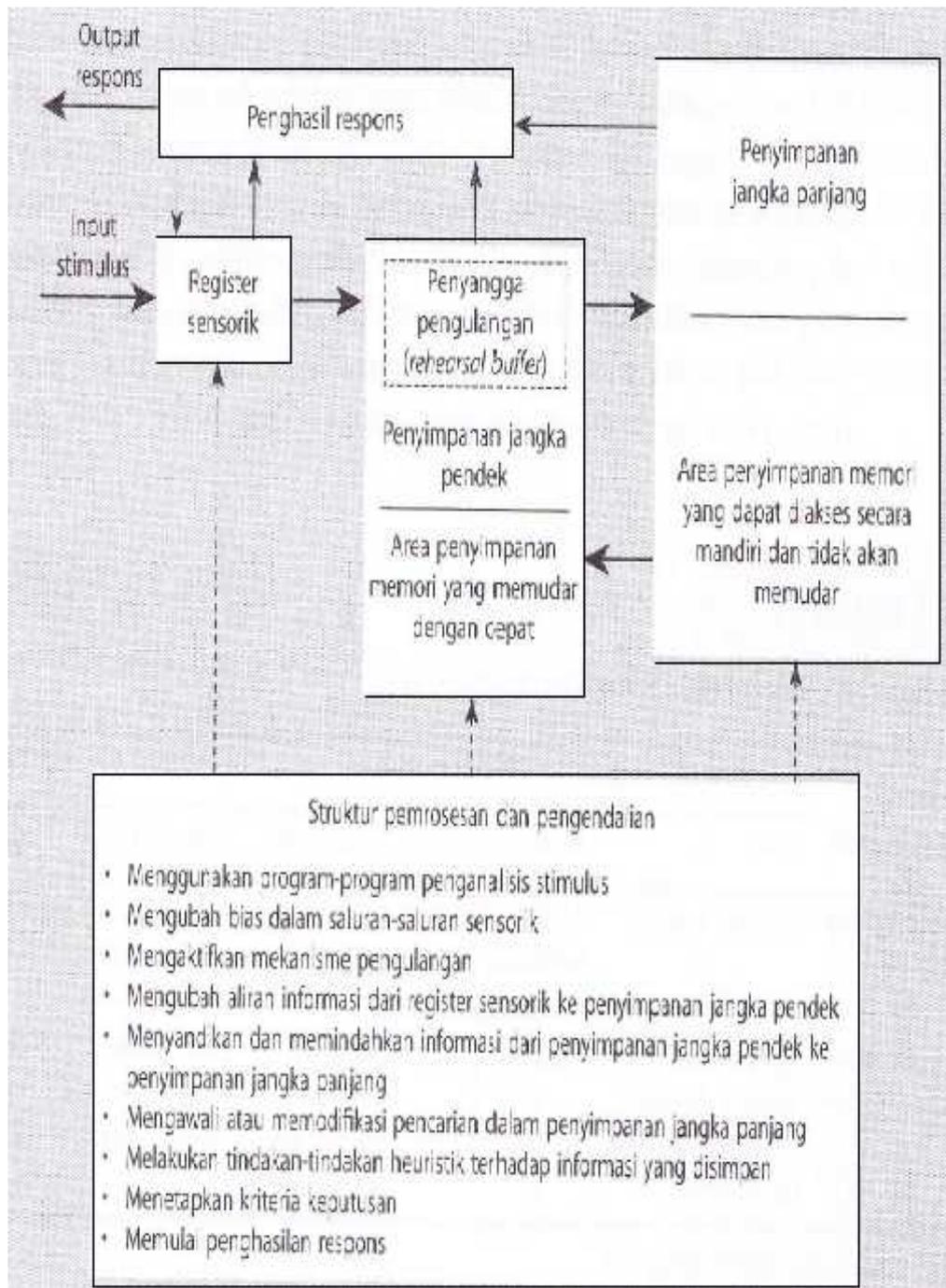
Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), Waugh dan Norman melakukan revisi terhadap model memori James. Model memori Wough dan Norman yang dimodifikasi adalah sebagai berikut.



Gambar 2 Model Memori Waugh dan Norman

Model ini didasarkan pada rangkaian peristiwa-peristiwa. Sebuah stimulus memasuki indera, indera mendeteksinya melalui sistem sensorik, selanjutnya disimpan dan diubah dalam memori, dan akhirnya direpresenasikan dalam bentuk respon atau aksi terhadap memori.

Menurut Solso, Maclin, dan Maclin (2007), Atkinson dan Shiffrin mengemukakan model memori berdasarkan gagasan bahwa struktur-struktur memori bersifat stabil dan proses-proses kontrol berupa faktor-faktor tak tetap. Model Atkinson dan Shiffrin (1968) yang telah direvisi adalah sebagai berikut.



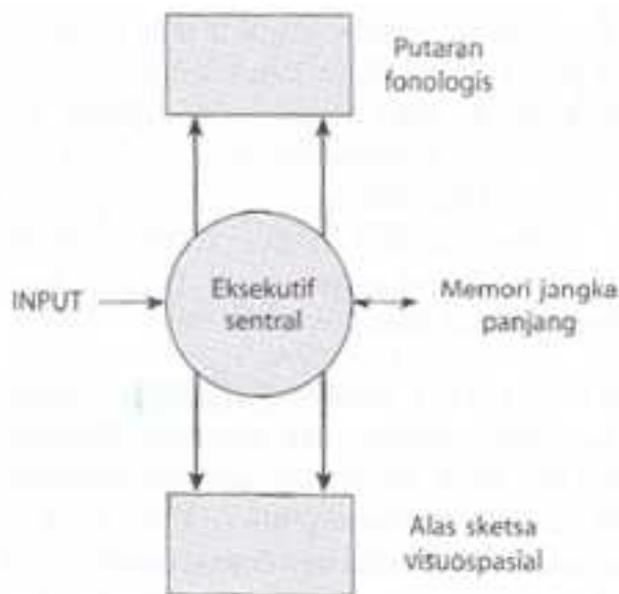
Gambar 3 Model Memori Atkinson dan Shiffrin

Sesuai penjelasan Suharnan (2005) bahwa menurut Atkinson dan Shiffrin, informasi yang diterima kemudian diproses melalui pencatatan indera menuju pada ingatan jangka pendek, dan akhirnya sampai pada penyimpanan jangka panjang. Pemindahan (*transfer*) informasi dari ingatan indera (ingatan sensor) menuju pada memori jangka pendek dikendalikan oleh perhatian. Jika proses informasi dalam memori jangka pendek sudah dikendalikan, maka

informasi akan melakukan fungsi memori, yaitu pengulangan (*repetition/rehearsal*) dan penyandian (*coding*).

Informasi dalam penyimpanan jangka pendek dapat ditransfer ke penyimpanan jangka panjang, sedangkan informasi lain dipertahankan selama beberapa menit dalam penyimpanan jangka pendek namun tidak pernah memasuki penyimpanan jangka panjang. Hal ini sesuai dengan penjelasan Solso, Maclin & Maclin (2007) bahwa suatu karakteristik STM adalah kapasitas penyimpanannya terbatas diimbangi oleh kapasitas pemrosesan yang juga terbatas, dan terdapat pula pertukaran konstan (perbandingan terbalik) antara kapasitas penyimpanan dan kemampuan pemrosesan. Informasi-informasi yang digunakan selama berpikir adalah informasi-informasi yang dalam kondisi aktif atau siap digunakan. Schunk (2012) menyebutnya dengan informasi aktif yaitu informasi yang sedang diproses atau informasi yang dapat diproses dengan cepat.

Pemrosesan informasi juga dapat dijelaskan melalui memori kerja (*working memory* (WM)). Menurut Solso, Maclin & Maclin (2007), model memori kerja diberikan oleh Baddeley dan Hitch (1974). Model memori Baddeley dan Hitch adalah sebagai berikut.



Gambar 4 Model Memori Baddeley dan Hitch

Schunk (2012) juga menjelaskan bahwa WM adalah memori pikiran sadar yang dapat segera diakses karena memiliki fungsi pemertahan dan penarikan informasi. Informasi yang datang dipertahankan dalam kondisi aktif dalam jangka waktu yang pendek dan diproses dengan cara

diulang atau dihubungkan dengan informasi yang ditarik dari LTM. WM terbatas durasinya, yaitu jika tidak segera diproses, informasi dalam WM akan menghilang. WM juga terbatas kapasitasnya karena hanya dapat menyimpan sedikit informasi.

Pemanggilan informasi dari STM bukan sembarangan. Sternberg (2008) mengatakan bahwa orang menarik informasi dari memori yang aktif dengan melakukan pemindaian terhadap item-item secara berurutan. Pengolahan, keluar, dan masuknya informasi dalam WM diarahkan oleh proses-proses kontrol (*eksekutif*). Proses-proses kontrol mencakup pengulangan, prediksi, pengecekan, pengawasan atau pemantauan, dan aktivitas-aktivitas kognitif lain. Proses-proses kontrol diarahkan oleh tujuan. Proses-proses ini memilih informasi yang sesuai dengan rencana-rencana dan maksud-maksud seseorang dari berbagai reseptor indrawi. Informasi-informasi yang dianggap penting diulang dalam pikiran. Pengulangan dapat mempertahankan informasi dalam WM dan meningkatkan ingatan. Solso, Maclin & Maclin (2007) menambahkan bahwa makin besar suatu daftar, makin besar pula waktu reaksi karena semakin banyaknya informasi dalam STM menyebabkan waktu akses yang semakin besar. Dengan demikian, pemanggilan dan pemrosesan informasi dari STM/WM dilakukan dengan pemindaian melalui proses kontrol tujuan tertentu dengan waktu tertentu.

Teori-teori memori terus berkembang. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan macam-macam memori yang lain, seperti: memori jangka sangat panjang (*very long-term memory*), memori eksplisit (*explicit memory*), memori implisit (*implicit memory*), memori otobiografis (*autobiographical memories*), memori episodik (*episodic memory*), memori semantik (*semantic memory*), memori prosedural (*procedural memory*), dan memori deklaratif (*declarative memory*). Memori eksplisit terutama mengandalkan pengambilan pengalaman-pengalaman sadar dan menggunakan isyarat berupa rekognisi dan tugas-tugas memanggil kembali. Memori implisit lebih diekspresikan dalam bentuk mempermudah kinerja dan tidak memerlukan rekoleksi yang sadar. Memori otobiografis adalah memori yang dimiliki seseorang mengenai masa lalunya. Memori otobiografis adalah memori yang dimiliki seorang individu mengenai masa lalunya. Memori episodik adalah sistem memori neurokognitif yang memungkinkan seseorang mengingat peristiwa-peristiwa pada masa lalunya. Memori semantik adalah memori mengenai kata, konsep, peraturan, dan ide-ide abstrak. Lokasi tempat penyimpanan memori disimpan di seluruh bagian otak yang terpusat di bagian-bagian tertentu.

Pengaktifan informasi dari LTM dipengaruhi oleh beberapa faktor. Schunk (2012) menjelaskan bahwa tanda-tanda lingkungan (*environmental cues*) atau tanda-tanda yang dimunculkan sendiri (*self-generated cues*) mengaktifkan sebagian dari LTM sehingga menjadi lebih dapat diakses oleh WM. Makin sering suatu fakta, peristiwa, atau ide dijumpai, makin kuat representasinya dalam memori. Dua pengalaman yang terjadi berdekatan waktunya akan cenderung dihubungkan dalam memori sehingga ketika salah satunya diingat, yang lainnya akan teraktifkan. Secara teoritis, kapasitas LTM tidak terbatas, penyimpanan bersifat permanen, informasi teraktifkan ketika ada tanda untuk mengaktifkan. Pengalaman individu dapat mempengaruhi pemrosesan informasi dalam pikiran,

Pemrosesan informasi dapat dibedakan menjadi dua bentuk dasar. Sternberg (2008) membedakan pemrosesan berseri (*serial processing*) dan pemrosesan paralel (*parallel processing*). Dalam pemrosesan berseri, informasi diolah lewat serangkaian operasi yang berurutan secara linear, satu operasi. Dalam pemrosesan paralel, berbagai operasi kognisi seperti perepresentasian pengetahuan dan pemrosesan informasi berjalan sekaligus.

Model-model pemrosesan informasi belum memperhatikan tingkat pemrosesan informasi. Suharnan (2005) menjelaskan model atau teori kedalaman pemrosesan informasi (*depth-of-information processing theory*). Pemrosesan informasi pada tingkat yang lebih dalam akan meningkatkan kinerja penggalian kembali informasi di dalam ingatan (*recall*) karena adanya karakteristik yang menonjol (*distinctiveness*) dan pemerincian (*elaboration*). Elaborasi melibatkan proses pemerikayaan (penambahan) makna informasi.

Model tingkat pemrosesan informasi juga disebut level pemrosesan. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan tentang level pemrosesan (*level of processing*) yang menyertakan gambaran umum bahwa informasi yang diterima indera harus menjalani serangkaian analisis yang diawali dengan analisis sensorik dangkal dan dilanjutkan oleh analisis-analisis yang semakin dalam, semakin rumit, semakin abstrak, dan semakin bersifat semantik. Pada level yang paling dini, stimuli yang datang harus menjalani analisis sensorik dan analisis fitur terlebih dulu; pada level yang lebih dalam, item tersebut dapat dikenali melalui pengenalan pola dan pemaknaan; pada level yang semakin dalam, informasi yang diperoleh dari stimulus dapat mengaktifkan asosiasi-asosiasi jangka panjang seseorang. Pemrosesan yang semakin dalam diikuti oleh analisis semantik dan kognitif yang semakin kompleks.

Pemrosesan informasi dapat dipengaruhi oleh pengalaman pribadi. Suharnan (2005) menjelaskan dengan efek referensi diri (*self-reference effects*) yaitu proses memaksimalkan

daya mengingat kembali ketika seseorang berusaha mengkaitkan informasi baru dengan pengalaman pribadi. Daya atau kemampuan mengingat dipengaruhi oleh pengalaman.

Pemrosesan informasi dapat dipengaruhi oleh tipe tugas. Schunk (2012) menjelaskan bahwa ingatan tidak hanya bergantung pada level pengolahan tetapi juga pada tipe tugas. Tugas dengan tingkat kesulitan rendah membutuhkan pemrosesan informasi yang lebih sederhana dari pada tugas dengan tingkat kesulitan tinggi. Umumnya, waktu yang dibutuhkan untuk memproses informasi dalam melaksanakan tugas dengan tingkat kesulitan rendah lebih sedikit daripada waktu yang dibutuhkan untuk memproses informasi dalam melaksanakan tugas dengan tingkat kesulitan tinggi.

Antar memori dapat terjadi koneksi, sehingga muncul model koneksionis dan skema. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan salah satu keunggulan model koneksionis (*connectionist model*) adalah dapat menjelaskan pembelajaran yang kompleks, yang merupakan jenis model memori yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Sedangkan, skema (*schema*) adalah suatu kerangka kerja kognitif bagi konsep-konsep yang diorganisasikan berdasarkan makna.

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa pemrosesan informasi adalah proses penginderaan, penganalisisan, dan pengubahan informasi menjadi unit-unit yang bermakna. Pemrosesan informasi biasa disajikan dalam bentuk model memori. Memori lebih mengacu pada data-data yang disimpan atau diproses. Umumnya, model memori tidak memperhatikan kedalaman pemrosesan, sehingga perlu diperhatikan tingkat pemrosesan informasi. Untuk memperhatikan hubungan antar memori, perlu model koneksionis dan skema yang terjadi.

Model memori menjelaskan pemrosesan informasi yang bersifat umum. Sedangkan, informasi diproses dalam bentuk sandi tertentu. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan bahwa sandi (*codes*) adalah unit-unit informasi dari suatu modalitas ke modalitas lain, yang dikendalikan oleh suatu aturan. Penyandian menjelaskan cara informasi direpresentasikan dalam memori.

Keberadaan sandi dalam pikiran. Solso, Maclin & Maclin (2007) mengajukan argumen bahwa sejumlah informasi disimpan secara visual dan sejumlah informasi lainnya disimpan dalam bentuk abstrak yang mengindikasikan keberadaan sandi-sandi yang beragam dalam pikiran.

Terdapat beberapa bentuk atau sandi informasi. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan bentuk-bentuk informasi-informasi yang tersimpan dalam STM dan LTM. Informasi yang tersimpan dalam STM dapat berupa informasi auditorik, visual, atau semantik, tergantung jenis informasi atau jenis tugas yang dialami seseorang. Informasi yang tersimpan dalam LTM dapat disandikan secara akustik, secara visual, dan secara semantik. Sandi auditorik (*auditory code*) adalah sandi yang berhubungan dengan suara. Sandi visual (*visual code*) adalah sandi yang berhubungan dengan gambar. Sandi semantik (*semantic code*) adalah sandi yang berhubungan dengan makna.

Terdapat tiga hipotesis sentral tentang penyandian informasi dalam pikiran. Solso, Maclin & Maclin (2007) menjelaskan tiga hipotesis sentral, yaitu hipotesis penyandian-ganda (*dual-coding hypothesis*), hipotesis proposisional-konseptual (*conceptual-propositional hypothesis*), dan hipotesis ekuivalensi-fungsional (*functional-equivalency hypothesis*). Hipotesis penyandian-ganda adalah hipotesis mengenai keberadaan dua sandi dan dua sistem penyimpanan yaitu imajinal dan verbal. Hipotesis proposisional-konseptual mengajukan gagasan bahwa informasi visual dan verbal direpresentasikan dalam bentuk proposisi-proposisi abstrak mengenai objek-objek beserta hubungannya. Hipotesis ekuivalensi-fungsional mengajukan gagasan bahwa imagery dan persepsi melibatkan proses-proses yang serupa.

Hipotesis penyandian informasi dalam pikiran berkembang menjadi teori. Sternberg (2008) menyebutkan teori penyandian-ganda (*dual-coding theory*), teori proposisional-konseptual (*conceptual-propositional theory*), dan teori ekuivalensi-fungsional (*functional-equivalency theory*). Teori penyandian-ganda menyatakan bahwa suatu informasi dapat direpresentasikan dalam dua bentuk sandi yaitu visual dan verbal. Sandi visual adalah sandi atau informasi yang dapat disajikan dalam bentuk gambar. Sandi verbal adalah sandi atau informasi yang tidak dapat disajikan dalam bentuk gambar. Teori proposisional-konseptual menyatakan bahwa informasi visual dan informasi verbal direpresentasikan dalam bentuk proposisi-proposisi abstrak. Teori ekuivalensi-fungsional menyatakan bahwa sistem imagery-nonverbal dan sistem simbolik-verbal melibatkan proses-proses serupa.

Informasi visual maupun verbal mempunyai kelebihan. Sternberg (2008) menjelaskan bahwa informasi visual diproses pada sistem imagery-nonverbal sedangkan informasi verbal diproses pada sistem simbolik-verbal. Perbedaan antara informasi visual dan informasi verbal dalam representasi internal terletak pada detail-detail informasi. Informasi visual dapat

memberikan detail spasial sedangkan informasi verbal dapat memberikan detail makna. Informasi visual maupun verbal sangat diperlukan untuk mendapatkan kebermaknaan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penyandian informasi merupakan pengubahan representasi modalitas informasi dalam memori. Terdapat tiga hipotesis atau teori penting berkenaan dengan penyandian informasi, yaitu penyandian-ganda, proposisional-konseptual, dan ekuivalensi-fungsional. Teori penyandian-ganda menjelaskan bahwa informasi disandikan dalam bentuk sandi visual atau non visual. Teori proposisional-konseptual menjelaskan bahwa informasi disimpan sebagai proposisi-proposisi abstrak. Teori ekuivalensi-fungsional menjelaskan bahwa informasi diolah dengan proses-proses serupa.

Informasi visual diolah pada bagian tertentu otak. Schunk (2012) menjelaskan bahwa bagian otak yang tugas utamanya berkaitan dengan pengolahan informasi visual adalah lobus oksipital (*occipital lobe*). Lobus oksipital terdapat pada cerebrum. Lobus oksipital sering juga disebut korteks visual (*visual cortex*).

Dalam pembelajaran matematika, informasi visual adalah gambar atau grafik. Tall (1994) mengatakan bahwa simbol-simbol merupakan bahasa verbal matematika, sedangkan gambar atau grafik merupakan bahasa visual matematika. Gambar/grafik yang digunakan dalam pembelajaran matematika merupakan suatu bentuk informasi visual.

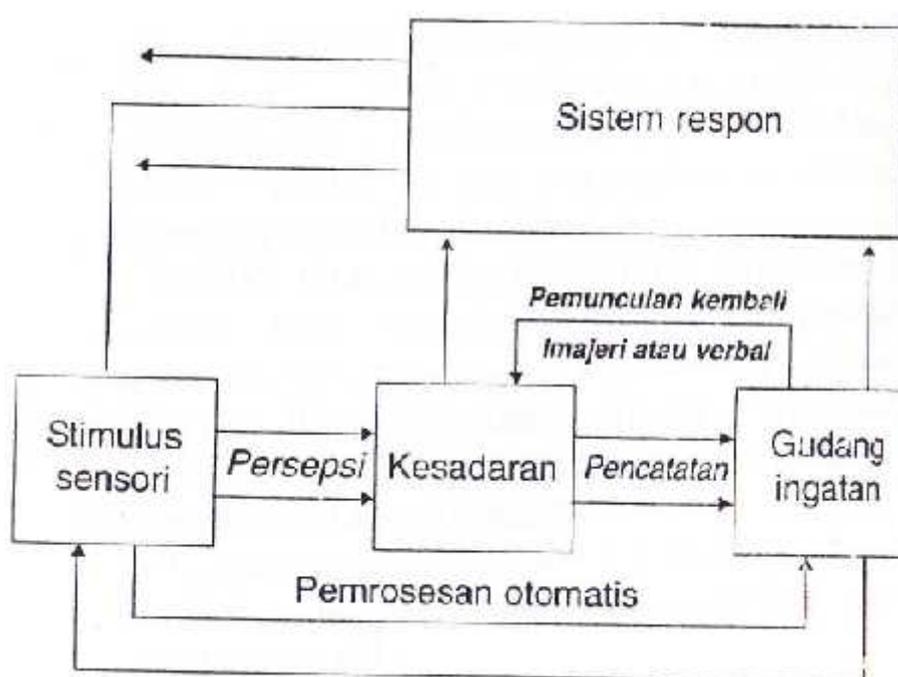
Gambar/grafik yang diberikan pada lembar kertas atau papan tulis merupakan representasi dari gambar/grafik yang ada di pikiran. Untuk membedakan antara gambar/grafik hasil representasi dan gambaran yang berada di pikiran, maka untuk gambaran yang berada di pikiran waktu membayangkan untuk selanjutnya disebut pembayangan mental. Menurut Solso (2007), pembayangan mental (*mental imagery*) diartikan sebagai suatu perwakilan mental mengenai objek atau peristiwa serta kejadian yang tidak eksis pada saat terjadinya proses pembayangan.

Beberapa penulis atau peneliti mempunyai sebutan lain untuk istilah pembayangan mental. Suharnan (2005) menyebut pembayangan mental dengan gambaran mental (*imajeri*) yaitu representasi mental atau pikiran tentang benda-benda yang secara fisik tidak hadir atau terlibat saat itu, namun telah tersimpan di dalam ingatan. Sternberg (2008) menyebut pembayangan mental sebagai pencitraan mental, informasi imaji, pengetahuan visual, pencitraan visual, imaji, atau imaji visual. Schunk (2012) menyebut pembayangan mental sebagai pencitraan untuk persepsi. Beberapa penulis atau peneliti lain menyebut gambaran

mental sebagai bayangan mental, bayangan pikiran atau bayangan saja, visualisasi, imajeri, imajinasi, gambaran pikiran atau gambaran saja, dan pengetahuan visual.

Masruri Yusuf (2013) mengatakan bahwa pertanyaan besar berkenaan dengan pembayangan mental adalah apakah pembayangan mental bersifat mental saja atau merupakan proses-proses kognitif. Jika pembayangan mental bersifat mental saja, maka pada proses pembayangan, hanya tinggal merangkai gambaran atau bayangan seperti yang diminta. Jika pembayangan mental adalah proses kognitif, maka ketika membayangkan hanya bisa apa yang telah diindera atau dilihat saja. Pembayangan mental, baik sebagai mental maupun sebagai proses kognitif, mempunyai peran masing-masing di dalam representasi pengetahuan secara visual.

Pemrosesan informasi verbal berbeda dengan pemrosesan informasi visual. Suharnan (2005) memberikan model umum imajeri, kesadaran, dan kognisi dari David F. Marks sebagai berikut.



Gambar 5 Model David F. Marks

Model ini menunjukkan bahwa imajeri berkaitan dengan aktivitas pikiran memunculkan kembali informasi nonverbal atau visual.

Proses berpikir visual memerlukan beberapa tahap. Menurut Roam (2011), proses berpikir visual meliputi empat tahap; yaitu: melihat, mengenal, membayangkan, dan

memperlihatkan. Melihat berarti mengumpulkan informasi dan membuat penilaian awal secara kasar. Mengenal adalah kegiatan memilih informasi untuk diperiksa secara rinci berdasarkan pola-pola yang diketahui. Membayangkan adalah tahapan mengolah input-input visual yang telah dikumpulkan dan dipilih sehingga mendapatkan keputusan. Memperlihatkan yaitu menggambarkan dan merepresentasikan ide secara visual.

Model imajeri David menunjukkan bahwa pembayangan mental lebih dominan pada kegiatan memunculkan pembayangan mental. Untuk memunculkan pembayangan mental, dilakukan aktivitas mengingat atau membuat pembayangan mental. Mengingat pembayangan mental adalah aktivitas memanggil atau memunculkan pembayangan mental yang sudah dimiliki atau disimpan pada memori. Membuat pembayangan mental adalah aktivitas membuat atau membangun pembayangan mental untuk melengkapi atau memunculkan pembayangan mental.

Persepsi lebih mengacu pada gambar atau visual objek nyata, sedangkan pembayangan mental lebih mengacu pada gambar atau visual objek pada pikiran. Schunk (2012) menjelaskan bahwa gambar-gambar merupakan representasi-representasi analog yang serupa namun tidak identik dengan referen-referennya atau objek-objek yang diacunya. Meskipun berbeda objek, prinsip-prinsip pada persepsi dapat diterapkan untuk pembayangan mental.

Prinsip kedekatan/proksimitas, kemiripan/keserupaan, dan searah/kesamaan arah pada teori Gestalt mengindikasikan adanya kegiatan menentukan pembayangan mental. Suharnan (2005) menjelaskan ketiga prinsip tersebut. Prinsip kedekatan/proksimitas mengatakan bahwa objek-objek visual yang terletak berdekatan atau tampil di dalam waktu yang bersamaan cenderung dipersepsi sebagai satu kesatuan. Prinsip kemiripan/keserupaan mengatakan bahwa objek-objek visual yang memiliki struktur sama atau mirip cenderung dipersepsi atau dilihat sebagai satu kesatuan kelompok. Prinsip searah/kesamaan arah mengatakan bahwa objek-objek visual cenderung dipersepsi sebagai satu kesatuan apabila berada di dalam satu arah pandangan. Untuk menentukan pembayangan mental, diperlukan aktivitas mengumpulkan dan memilih pembayangan mental.

Pemilihan pembayangan mental identik dengan prinsip kesederhanaan pada teori Gestalt. Schunk (2012) menjelaskan prinsip tersebut. Prinsip kesederhanaan menyatakan bahwa orang mengorganisasikan bidang-bidang perseptual mereka dengan karakteristik-

karakteristik yang sederhana dan beraturan dan cenderung membentuk Gestalt-Gestalt yang bagus yang terdiri dari simetri dan keteraturan.

Prinsip pragnan dan ketertutupan pada teori Gestalt mengindikasikan adanya kegiatan menyempurnakan pembayangan mental. Suharnan (2005) menjelaskan dua prinsip tersebut. Prinsip pragnan mengatakan bahwa tata-letak sejumlah objek kurang beraturan, cenderung dipersepsi secara baik, sederhana dan bermakna tertentu. Prinsip ketertutupan mengatakan bahwa elemen-elemen objek atau stimulus yang kurang lengkap cenderung dilihat secara lengkap. Untuk menyempurnakan pembayangan mental diperlukan aktivitas memperbaiki atau melengkapi pembayangan mental.

Prinsip bentuk dan latar belakang pada teori Gestalt mengindikasikan adanya kegiatan memanfaatkan pembayangan mental. Schunk (2012) menjelaskan tersebut. Prinsip bentuk dan latar belakang menyatakan bahwa bidang perseptual apa pun dapat dibagi lagi menjadi sebuah gambar bentuk di atas sebuah latar belakang. Pembayangan mental dapat direpresentasikan dalam bentuk gambar.

Pemrosesan pembayangan mental sering diidentikkan dengan membayangkan atau pencitraan mental. Schunk (2012) menjelaskan pencitraan mental mengacu pada representasi mental dari pengetahuan visual/spasial termasuk karakter-karakter fisik dari objek-objek atau peristiwa-peristiwa yang direpresentasikan. Stimulus-stimulus visual yang diperhatikan disimpan sebentar dalam bentuk yang sesuai dengan kenyataannya dalam register sensorik lalu ditransfer ke WM. Representasi WM muncul untuk mempertahankan sebagian dari karakteristik fisik stimulus yang direpresentasikannya.

Beberapa faktor dapat mempengaruhi proses berpikir visual. Roam (2011) menjelaskan bahwa proses berpikir visual dapat tidak linear karena proses berpikir visual dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti: materi, individu, maupun interaksi. Beberapa materi tidak perlu visualisasi karena lebih menekankan pada keahlian operasionalnya, namun beberapa materi lain sangat memerlukan visualisasi, seperti: untuk memahami konsep-konsep pada bangun ruang, bangun datar, dan grafik fungsi. Psikologi, pengetahuan, dan kebiasaan individu mempengaruhi cara berpikir. Beberapa tugas atau interaksi tidak menuntut penggunaan visualisasi, namun beberapa interaksi lain menuntut penggunaan visualisasi karena digunakan sebagai tugas menjelaskan atau menyelesaikan dengan gambar/grafik.

Metode Penelitian

Fokus penelitian adalah untuk mendapatkan profil pemahaman definisi formal barisan konvergen mahasiswa calon guru matematika dengan menggunakan visualisasi. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk deskripsi dengan kata-kata atau kalimat sesuai data empirik. Data empirik yang diperoleh bersifat alami apa adanya dan lebih fokus pada proses daripada hasil. Oleh karena itu, digunakan penelitian deskriptif-eksploratif dengan pendekatan kualitatif.

Untuk mendapatkan kedalaman informasi, dipilih satu mahasiswa laki-laki sebagai subjek penelitian. Mahasiswa diambil dari program studi pendidikan matematika FP MIPA IKIP PGRI Madiun semester genap tahun akademik 2012/2013. Langkah pertama dalam pemilihan subjek penelitian adalah mengelompokkan mahasiswa berdasarkan gender sesuai daftar mahasiswa sehingga dapat diperoleh kelompok laki-laki dan perempuan. Berikutnya, memilih seorang mahasiswa laki-laki sebagai subjek penelitian. Selanjutnya, memeriksa apakah mahasiswa terpilih sesuai dengan kriteria subjek penelitian; yaitu: 1) baru mengambil matakuliah analisis real, 2) mempunyai IPK di atas 2,75, 3) nilai kalkulus dan pengantar dasar matematika minimal B, 4) komunikatif, jujur, dan bersedia menjadi subjek penelitian. Jika mahasiswa terpilih tidak sesuai kriteria yang telah ditetapkan, maka dilakukan pemilihan terhadap mahasiswa lain.

Instrumen utama pada penelitian ini adalah peneliti sendiri. Peneliti dituntut untuk: 1) memiliki sifat responsif, adaptif, dan holistik; 2) sadar pada konteks tak terkatakan; dan 3) mampu segera memproses, mengklarifikasi, meringkas, menjelajahi dan memahami jawaban. Instrumen pendukung penelitian ini adalah pedoman wawancara berbasis tugas. Wawancara ditujukan untuk mengetahui profil berpikir visual subjek dalam memahami definisi formal barisan konvergen dalam tugas. Tugas diberikan dengan menggunakan lembar tugas. Lembar tugas berisi sejumlah definisi formal barisan konvergen yang telah divalidasi oleh pakar.

Pengumpulan data dilakukan secara alami dengan wawancara berbasis tugas. Wawancara dilakukan secara mendalam dengan format semi-terstruktur. Format ini dipilih untuk mengetahui kejujuran dan keterbukaan subjek dalam menyampaikan informasi. Subjek yang sedang diwawancarai diberi kebebasan untuk mengikuti kecenderungan pikiran mereka

sendiri termasuk dalam menentukan arah topik perbincangan sehingga membentuk fokus pembicaraan. Semua aktivitas wawancara direkam dengan handycam untuk penyusunan transkrip data.

Hasil wawancara pada subjek adalah data-data hasil wawancara. Data-data hasil wawancara selanjutnya ditriangulasi dan divalidasi sehingga diperoleh data yang sah dan valid. Keabsahan data pada penelitian ini lebih ditekankan pada uji validitas internal atau uji kredibilitas yang diperoleh dari memperpanjang pengamatan, meningkatkan ketekunan, triangulasi, analisis kasus negatif, dan membercheck. Sementara uji validitas eksternal atau uji transferabiliti, uji reliabilitas atau uji kebergantungan, dan uji objektivitas atau uji konfirmabilitas dinilai oleh validator. Jika data belum valid, maka perlu dilakukan wawancara kembali dan data-data yang ada selanjutnya ditriangulasi dan divalidasi kembali. Demikian, sampai diperoleh data yang benar-benar sah dan valid.

Langkah-langkah analisis data meliputi: reduksi, kategorisasi, sintesisasi, dan penarikan kesimpulan. Kegiatan reduksi data adalah kegiatan mengidentifikasi “satuan” yaitu bagian terkecil yang ditemukan dalam data dan memiliki makna bila dikaitkan dengan fokus masalah penelitian. Sesudah satuan diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat “koding” yaitu memberikan kode pada setiap satuan agar tetap dapat ditelusuri sumber datanya. Kategorisasi adalah kegiatan memilah-milah setiap satuan ke dalam bagian-bagian yang memiliki kesamaan. Setiap kategorisasi diberi nama yang disebut “label”. Sintesisasi adalah kegiatan mencari kaitan antara satu kategori dengan kategori lainnya. Kaitan satu kategori dengan kategori lainnya diberi nama/label lagi. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan merumuskan suatu pernyataan yang memberikan profil pemahaman definisi formal barisan konvergen mahasiswa dengan menggunakan visualisasi.

Hasil penelitian

Profil berpikir visual mahasiswa calon guru matematika dalam memahami definisi formal barisan konvergen dapat diperoleh dari hasil pembahasan persamaan dan perbedaan profil berpikir visual mahasiswa laki-laki dan perempuan calon guru matematika dalam memahami definisi formal barisan konvergen.

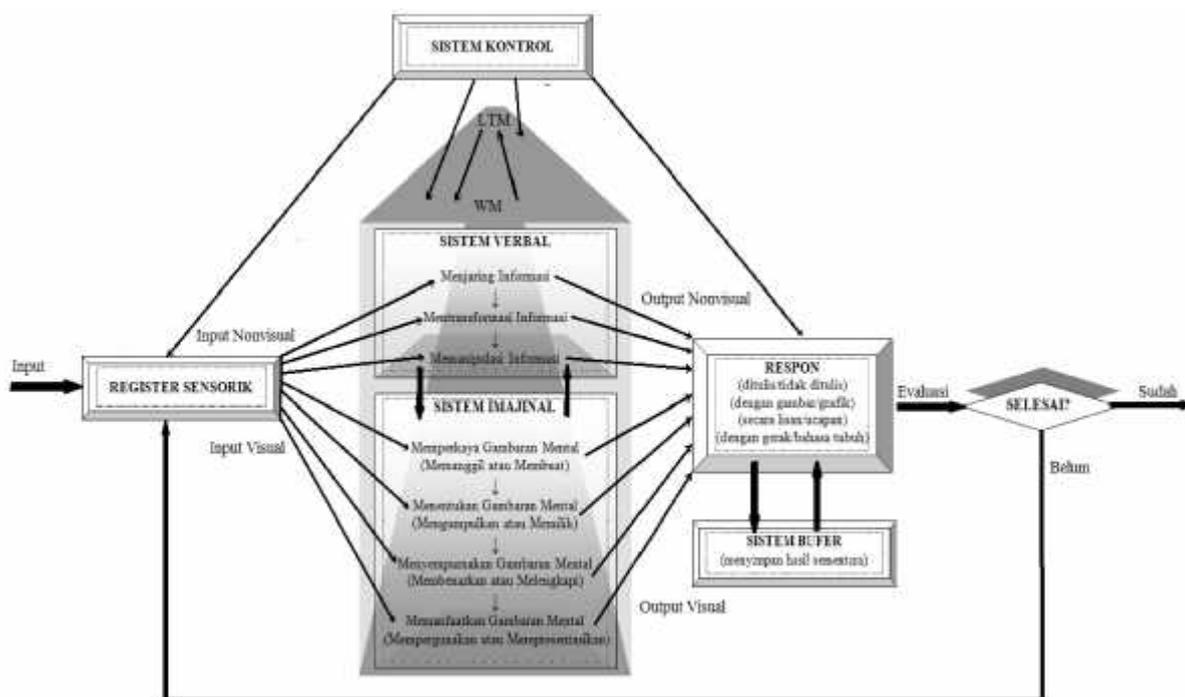
Terdapat perbedaan representasi pemrosesan informasi atau tahap-tahap subjek selama berpikir visual dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Proses atau tahap subjek dapat direpresentasikan dalam bentuk lisan/ucapan, tulisan/catatan, dan bahasa/gerak tubuh. Subjek laki-laki merepresentasikan hasil tahap membayangkan dalam bentuk gambar/grafik. Subjek perempuan tidak merepresentasikan hasil tahap membayangkan kecuali hanya sumbu koordinat. Subjek laki-laki merepresentasikan proses menyimpulkan dengan lisan/ucapan saja tanpa menuliskan atau memberi catatan. Subjek perempuan merepresentasikan proses menyimpulkan dengan tulisan/catatan serta menjelaskan secara lisan atau ucapan. Subjek laki-laki maupun perempuan pada kondisi tertentu menjelaskan dengan menggunakan bahasa/gerak tubuh selain diucapkan atau digambarkan. Perbedaan representasi proses atau tahap yang dilakukan subjek adalah wajar dan alami.

Terdapat perbedaan urutan proses atau tahap pemrosesan informasi antar subjek selama berpikir visual dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Subjek laki-laki mencoba langsung membayangkan atau memperlihatkan. Setelah (merasa) gagal, subjek laki-laki kembali mengenali definisi dengan lebih baik. Hal ini terjadi karena subjek laki-laki lebih terobsesi pada tugas yaitu memahami dan menjelaskan dengan gambar/grafik. Tahap awal untuk mengenali definisi yang dilakukan subjek perempuan adalah mengenali definisi. Perbedaan urutan proses atau tahap yang dilakukan subjek adalah wajar dan alami. Hal ini sesuai analogi Rose & Nicholl (2006) bahwa otak dapat dipandang sebagai hutan raya tempat puluhan ribu pohon dengan ratusan ribu cabang besar, jutaan dahan, dan miliaran ranting.

Terdapat perbedaan penyajian dan penggunaan pembayangan mental. Pembayangan mental dapat disajikan dalam bentuk lisan/ucapan, tulisan/catatan, dan bahasa/gerak tubuh. Subjek perempuan bersedia menyajikan pembayangan mental dalam bentuk gambar/grafik dengan penjelasan secara lisan/ucapan sedangkan subjek laki-laki lebih suka menjelaskan pembayangan mental dengan lisan/ucapan dengan sedikit gambar/grafik. Subjek perempuan menggunakan pembayangan mental untuk menentukan nilai $n_0(\epsilon)$ sedangkan subjek laki-laki tidak menggunakan pembayangan mental untuk menentukan nilai $n_0(\epsilon)$. Perbedaan penyajian dan penggunaan pembayangan mental yang dilakukan subjek adalah wajar dan alami.

Tiap individu dapat merepresentasi proses atau tahap berpikir visual dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Terlepas dari perbedaan-perbedaan di atas, hasil analisis

memberikan model pemrosesan informasi dalam memahami definisi formal barisan konvergen sebagai berikut.



Gambar 6 Model Pemrosesan Informasi dalam Memahami Definisi Formal Barisan Konvergen

Model pemrosesan informasi lebih ditekankan pada pemrosesan informasi setelah membaca, yaitu setelah informasi diperoleh.

Pembahasan

Setelah membaca, subjek atau individu menerima informasi (input). Informasi yang diterima (input) kemudian diproses melalui pencatatan indera (register sensorik) menuju pada memori aktif atau memori kerja (WM). Informasi pada memori aktif atau memori kerja (WM) disandikan dalam bentuk informasi visual atau informasi nonvisual atau verbal. Hal ini sesuai dengan teori penyandian-ganda (*dual-coding theory*) yang menyatakan bahwa suatu informasi dapat direpresentasikan dalam dua bentuk sandi yaitu visual dan verbal.

Proses penyandian sesuai dengan tujuan tertentu. Untuk mengenali, informasi disandikan dalam bentuk verbal. Untuk membayangkan, informasi perlu disandikan dalam bentuk informasi visual. Untuk meringkas atau merangkum definisi, menentukan bagian ringkasan yang bisa dijabarkan atau kata kunci, mejabarkan kata bagian yang bisa dijabarkan

atau menjabarkan kata kunci, informasi masih disandikan dalam bentuk verbal. Untuk membayangkan, informasi perlu disandikan dalam bentuk visual sebagai input visual. Hal ini sesuai dengan peran sistem atau pemrosesan informasi kontrol (*eksekutif*).

Informasi nonvisual diolah pada sistem verbal. Informasi visual diolah pada sistem imajinal. Jika ada transformasi verbal-visual, input visual dapat menghasilkan output nonvisual dan input nonvisual dapat menghasilkan input visual. Jika tidak ada transformasi verbal-visual, input visual memberikan output visual, informasi nonvisual memberikan output nonvisual. Transformasi verbal-visual adalah transformasi penyandian dari sandi verbal ke sandi visual atau sebaliknya dari sandi visual ke sandi verbal. Setelah menentukan nilai α , ϵ , atau $\pi_{\epsilon}(\epsilon)$, subjek menggambarkan untuk memperlihatkan atribut-atribut definisi tersebut. Atau ketika mengingat tentang konvergen atau ketika menggunakan pembayangan mental untuk menentukan nilai α , ϵ , atau $\pi_{\epsilon}(\epsilon)$. Hal ini menunjukkan perlunya membentuk sandi visual atau verbal dalam bentuk modalitas tertentu atau dalam bentuk proposisi tertentu. Hal ini sesuai dengan teori proposisional-konseptual (*conceptual-propositional theory*) yang menyatakan bahwa informasi visual dan informasi verbal direpresentasikan dalam bentuk proposisi-proposisi abstrak.

Pada sistem verbal, dapat terjadi penjaringan informasi, transformasi informasi, dan manipulasi transformasi. Pada sistem visual, dapat terjadi tahap memunculkan, menentukan, dan memanfaatkan pembayangan mental. Pemrosesan informasi pada sistem imajeri dan sistem verbal tidak sama karena menggunakan bahan baku yang berbeda. Sistem imajeri memproses pembayangan mental seperti ketika membayangkan atau memperlihatkan. Sistem verbal memproses simbol-simbol dan hubungannya seperti ketika mengenali. Hal ini tidak sesuai dengan teori ekuivalensi-fungsional (*functional-equivalency theory*) yang menyatakan bahwa sistem imagery-nonverbal dan sistem simbolik-verbal melibatkan pemrosesan informasi serupa.

Pengolahan informasi di memori aktif atau memori kerja (WM) kadang perlu pemanggilan informasi dari memori jangka panjang (LTM). Ketika meringkas atau merangkum, beberapa informasi tinggal menuliskan kembali saja, namun beberapa informasi perlu mengingat simbol matematisnya. Ketika menjabarkan bagian yang bisa dijabarkan atau menjabarkan kata kunci, diperlukan untuk mengingat tentang harga mutlak. Ketika membayangkan, perlu memanggil pembayangan mental yang dimiliki terlebih dulu, sebelum membuat pembayangan mental jika perlu.

Pemindahan (*transfer*) informasi dari ingatan indera (register sensorik) menuju pada memori aktif atau memori kerja (WM), informasi dari memori aktif atau memori kerja (WM) ke memori jangka panjang (LTM) atau sebaliknya, dan informasi dari memori aktif atau memori kerja (WM) ke dalam bentuk respon dikendalikan oleh tujuan tertentu (sistem kontrol). Hal ini tampak bahwa semua tahap atau proses mempunyai tujuan tertentu. Hal ini sesuai dengan adanya peran sistem atau pemrosesan informasi kontrol (*eksekutif*).

Pemrosesan informasi dalam memori aktif atau memori kerja (WM) dikendalikan oleh sistem kontrol yang akan melakukan fungsi memori, yaitu pengulangan (*repetition/rehearsal*) dan penyandian (*coding*). Pengulangan dilakukan setelah dilakukan evaluasi terhadap yang telah dilakukan. Jika sudah dirasa selesai oleh individu, maka seluruh proses atau tahap akan dihentikan. Jika belum maka akan dilanjutkan kembali. Namun jika merasa harus dihentikan dan harus mencari atau menggali informasi baru, maka diperlukan tempat untuk menyimpan. Tempat penyimpanan bukan di memori aktif atau memori kerja (WM) karena mempunyai sifat kapasitas dan durasi yang terbatas. Tempat penyimpanan sementara, kita sebut buffer, seperti catatan atau coretan tertentu pada lembar jawaban. Mungkin ini kelihatan seperti coba-coba untuk memahami (*trial-error atau teori hipotesis*).

Pemrosesan informasi yang terjadi tidak dapat dikatakan seperti pemrosesan berseri (*serial processing*) atau pemrosesan paralel (*parallel processing*). Namun, lebih berdasarkan impuls-implus atau berdasarkan informasi yang diperhatikan atau diperoleh. Subjek laki-laki, setelah mencoba membayangkan namun kesulitan, akhirnya lebih mengenali yang tidak ada hubungan langsung dengan pembuatan table bantu. Hal ini menunjukkan tidak sesuai dengan prinsip pemrosesan berseri yaitu informasi diolah lewat serangkaian operasi yang berurutan secara linear, satu operasi. Beberapa proses atau tahap pemrosesan informasi berjalan berkelanjutan, hal ini tidak sesuai dengan prinsip pemrosesan paralel yaitu berbagai operasi kognisi seperti perepresentasian pengetahuan dan pemrosesan informasi berjalan sekaligus. Pemrosesan berseri lebih dominan jika diperhatikan persatuan proses atau tahap, namun ada kalanya perlu berhenti untuk memproses yang lain lagi. Ini lebih menunjukkan seperti impuls-implus pemrosesan informasi.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai dengan pendapat Iswono. Menurut Iswono (2011), berpikir merupakan suatu tahap mental yang dialami seseorang bila dihadapkan pada suatu masalah atau situasi yang harus dipecahkan.

Pemrosesan informasi atau tahap-tahap merupakan proses atau tahap mental. Masalah yang dihadapi adalah definisi formal atau tugas yang diberikan.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai pendapat Suharnan. Menurut Suharnan (2005), berpikir dapat didefinisikan sebagai proses menghasilkan representasi mental yang baru melalui transformasi informasi yang melibatkan interaksi secara kompleks antara atribut-atribut mental seperti penilaian, abstraksi, penalaran, imajinasi, dan pemecahan masalah. Proses dan tahap yang ada menunjukkan terjadinya proses berpikir. Representasi mental yang baru adalah pemahaman setelah memahami. Transformasi informasi terjadi dari kata-kata pada definisi menjadi rangkuman/ringkasan definisi, dari rangkuman/ringkasan menjadi pembayangan mental, dari pembayangan mental menjadi gambar/grafik, dari gambar/grafik menjadi pernyataan atau tulisan kesimpulan. Untuk memilih pembayangan mental atau contoh barisan diperlukan penilaian. Untuk memberikan contoh diharapkan dapat di abstraksi. Untuk menarik kesimpulan diperlukan penalaran. Untuk membayangkan diperlukan imajinasi. Untuk dapat memahami definisi yang diberikan diperlukan usaha pemecahan masalah.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai pendapat Mayer. Menurut Mayer (dalam Suharnan, 2005), proses berpikir secara normal meliputi tiga komponen, yaitu: 1) proses kognitif yang terjadi di dalam mental atau pikiran individu, tidak tampak, tetapi dapat disimpulkan berdasarkan perilaku yang tampak; 2) suatu proses yang melibatkan beberapa manipulasi pengetahuan di dalam sistem kognitif; dan 3) diarahkan untuk menghasilkan pemecahan masalah. Proses atau tahap yang terjadi di dalam mental atau pikiran yang diperoleh berdasarkan perilaku yang tampak. Proses yang terjadi melibatkan beberapa manipulasi informasi visual maupun visual (pembayangan mental). Arahnya adalah untuk memahami definisi formal barisan konvergen dengan menggunakan gambar/grafik. Mayer tidak menjelaskan detail pemrosesan informasi yang terjadi.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai pendapat Rose & Nicholl. Menurut Rose & Nicholl (2006), berpikir adalah kombinasi kompleks antara kata, gambar, skenario, warna dan bahkan suara dan musik. Jika diperhatikan representasi pemrosesan informasi atau tahap-tahap yang diberikan subjek berupa kata, gambar, dan menunjukkan adanya scenario sesuai urutan proses atau tahap serta penggunaan pembayangan mental. Rose & Nicholl tidak menjelaskan pemrosesan informasi yang terjadi.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai pendapat Jensen. Menurut Jensen (2008), berpikir adalah sebuah proses dari otak yang mengakses representasi sebelumnya untuk memahami atau menciptakan sebuah model baru jika memang belum ada. Semua proses atau tahap yang disebutkan terjadi di otak. Proses atau tahap menunjukkan pemrosesan pembayangan mental dan yang lain. Representasi sebelumnya adalah berupa definisi formal barisan konvergen yang digunakan sebagai tugas. Model baru yang diperoleh adalah lebih mengetahui gambaran definisi formal barisan konvergen.

Model pemrosesan informasi di atas menunjukkan proses berpikir, sesuai pendapat Roam. Menurut Roam (2011), proses berpikir visual meliputi empat tahap; yaitu: melihat, mengenal, membayangkan, dan memperlihatkan. Melihat berarti mengumpulkan informasi dan membuat penilaian awal secara kasar. Mengenal adalah tahap memilih informasi untuk diperiksa secara rinci berdasarkan pola-pola yang diketahui. Membayangkan adalah tahapan mengolah input-input visual yang telah dikumpulkan dan dipilih sehingga mendapatkan keputusan. Memperlihatkan yaitu menggambarkan dan merepresentasikan ide secara visual. Roam tidak menjelaskan tahap atau tahap menyimpulkan karena proses berpikir visual yang diberikan bukan untuk memahami, namun untuk memasarkan atau merepresentasikan ide.

Kesimpulan

Model pemrosesan informasi yang diberikan dapat menunjukkan pemrosesan informasi mahasiswa calon guru matematika dalam memahami definisi formal barisan konvergen. Model memori diperoleh berdasarkan profil berpikir visual mahasiswa laki-laki dan perempuan dalam memahami definisi formal barisan konvergen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfeld, P. 2000. *Understanding Mathematics a Study Guide*. Department of Mathematics. College of Science. University of Utah. Download 5 Januari 2007
- Anderson & Krathwohl. 2007. *Kerangka Landasan Untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen*.

- Atkinson & Shiffrin. 1968. <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/edpsyint.html>. diakses tanggal 5 Juni 2012
- Bartle, R G & Sherbert D R. 1982. *Introduction to Real Analysis*. University of Illinois: Urbana-Champaign. Illinois. John Wiley & Sons. Inc
- Darmadi. 2008a. *Analisis Real Menurut Mahasiswa*. Laporan Penelitian Tahun 2008. IKIP PGRI Madiun. Penelitian tidak dipublikasikan
- Darmadi. 2008b. "Spektrum Hasil Belajar Analisis Real Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika IKIP PGRI Madiun Tahun Akademik 2008/2009". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNY, Jogjakarta, 5 Desember 2009.
- Darmadi. 2008c. "Pengaruh Pemanfaatan Powerpoint dalam Pembelajaran Terhadap Prestasi Belajar Matematika Tingkat Sekolah Dasar Ditinjau dari Gaya Belajar Siswa". Tesis Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Sebelas Maret.
- Darmadi. 2009a. "Pengembangan Model Pembelajaran Analisis Real Berbasis Teori David Tall". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNESA, Surabaya, 8 Agustus 2009
- Darmadi. 2009b. *Persiapan Mahasiswa Sebelum Kuliah*. Laporan Penelitian Tahun 2009. IKIP PGRI Madiun
- Darmadi. 2009c. "Spektrum Hasil Belajar Kalkulus Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika IKIP PGRI Madiun Tahun Akademik 2008/2009". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNNES, Semarang, 24 Oktober 2009
- Darmadi. 2010. "Perbaikan Kualitas Perkuliahan Analisis Real Melalui Lesson Study". Makalah disajikan pada Seminar Hasil Lesson Study FP MIPA IKIP PGRI Madiun
- Darmadi. 2011a. "Berpikir Analitis, Kreatif, Kritis, dan Inovatif dalam Pembelajaran Analisis Real Ditinjau dari Taksonomi Bloom". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNESA, Surabaya, 22 Oktober 2011
- Darmadi. 2011b. "Imajeri Mahasiswa Dalam Pembelajaran Analisis Real (Studi Kasus Di IKIP PGRI MADIUN)". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNY, Jogjakarta, 3 Desember 2011

- Darmadi. 2012a. "Membangun Pembelajaran Matematika yang Menyenangkan dengan Visualisasi". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNY, Jogjakarta, 24 Maret 2012
- Darmadi. 2012b. "Visualisasi Definisi-Definisi Formal pada Barisan Bilangan Real". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNNES, Semarang, 26 Mei 2012
- Darmadi. 2013a. "Analisis Kesulitan Berpikir Visual Dalam Memahami Definisi Formal Pada Barisan Bilangan Real". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNY, Jogjakarta, 9 Nopember 2013
- Darmadi. 2013b. "Profil Berpikir Visual Mahasiswa Laki-Laki Calon Guru Matematika Dalam Memahami Definisi Formal Pada Barisan Bilangan Real". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNS, Surakarta, 20 Nopember 2013
- Darmadi. 2013c. "Profil Berpikir Visual Mahasiswa Perempuan Calon Guru Matematika Dalam Memahami Definisi Formal Pada Barisan Bilangan Real". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNS, Surakarta, 20 Nopember 2013
- Depdiknas, 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Diene, Z. P. 1971. *Building up Mathematics: Diene on the Learning of Mathematics*. 4th edition. London: Hutchinson Education Ltd. Ch. 2 pp: 18-40
- Fitri Rositasari. 2006. "Efektifitas Pemanfaatan PowerPoint Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Penyajian dan Pengumpulan Data di SDN Banjarejo Tahun Akademik 2005/2006". Skripsi, IKIP PGRI Madiun.
- Goldberg, R R. 1976. *Methods of Real Analysis*. The University of Iowa. United State of America. John Wiley & Sons, Inc
- Hamzah B U. 2007. *Model Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara
- Hartono, S. 2010. *Mental Imagery: Tinjauan dari Segi Filsafat, Ilmu-Ilmu Kognitif dan Neurologis*. Surabaya: UNESA University Press
- Hulse, dkk. 1981. *The Psychology of Learning* (International student edition). New York: McGraw-Hill International Book Company

- Jensen, E. 2008. *Brain-Based Learning: The New Science of Teaching & Training (Pembelajaran Berbasis Kemampuan Otak: Cara Baru dalam Pengajaran dan Pelatihan)*. Edisi Revisi. Terjemahan Narulita Yusron. Yogyakarta. Pustaka Pelajar
- Kemp. J E. 1994. *Proses Perancangan Pengajaran*. (Terjemahan oleh Marjohan Asril). Bandung. ITB Press
- Kolh, D. A. 1984. *Experiential Learning*. New York: Prentice-Hall
- Lieb, S. 1991. *Principles of Adult Learning*. Senior Technical Writer and Planner, Arizona Department of Health Services and part-time Instructor, South Mountain Community College
- Masruri Yusuf. 2013. *Pembayangan Mental (Mental Imagey)*. Posting: 02 Dec 2013. Alamat web: <http://m.kompasiana.com/post/read/615840/2/pembayangan-mental-mental-imagey.html>. Diakses: 6 Juli 2014.
- Nemirovsky R dan Noblemany T. 1997. *On Mathematical Visualization and The Place Where We Live*. Educational Studies in Mathematics 33: 99–131, 1997. © 1997 Kluwer Academic Publishers. Printed in The Netherlands
- Pinto M M F dan Tall D. 1999. *Student Constructions of Formal Theory: Giving and Extracting Meaning*. Published in Proceedings of the 23rd Conference of PME, Haifa, Israel, (1999), 3, 281–288
- Polya G. 1973. *A New Aspect of Matematical Method*. Second edition. Princeton, New Jersey: Princeton University Press
- Roam D. 2011. *The Magic of Picture*. Diterjemahkan dari The Back of Napkin. Jakarta selatan: Ufuk Press, PT. Ufuk Publishing House
- Rose, C & Nicholl, M. J. 2006. *Accelerated Learning for the 21th Century*. Penerjemah: Dedy Ahimsa. Bandung. Penerbit Nuansa
- Santrock J W. 2009. *Psikologi Pendidikan*. Educational Psychology. Edisi 3. Buku 1. Jakarta: Salemba

- Schunk. 2012. *Learning Theories an Edycational Perspective*. Teori-Teori Pembelajaran: Perspektif Pendidikan. Edisi keenam. Penerjemah: Eva Hamdiah, Rahmat Fajar. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Solso R L, Maclin O H, Maclin M K. 2007. *Psikologi Kognitif*. 8ed. Alih Bahasa Mikael Rahardanto dan Kristianto Batuadji. Editor: Wibi Hardani. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Sternberg R J. 2008. *Psikologi Kognitif*. .Judul Asli: Cognitif Psychology. Penerjemah: Yudi Santoso. Penyuting: Saiful Zuhri Qudsy. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Suharnan. 2005. *Psikologi Kognitif*. Surabaya: Srikandi
- Suhartini. 2007. "Peningkatan Keaktifan dan Prestasi Belajar Matematika dengan VCD Pembelajaran pada Pokok Bahasan Fungsi Siswa Kelas VIIA SMP Negeri 2 Mejayan Kabupaten Madiun Tahun Pelajaran 2007/2008". Skripsi, IKIP PGRI Madiun
- Suparman. 2012. *Panduan Para Pengajar & Inovator: Pendidikan Desain Instruksional Mpdern*. Jakarta: Erlangga.
- Sutiarso, S. 2000. *Problem Posing: Strategi Efektif Meningkatkan Aktivitas Siswa dalam Pembelajaran Matematika*. Prosiding Konperensi Nasional Matematika X. ITB, 17-20 Juli 2000
- Tall. 1988. "Concept Image and Concept Definition". *Senior Secondary Mathematics Education*, (ed. Jan de Lange, Michiel Doorman), OW&OC Utrecht, 37–41.
- Tall. 1991. "Intuition And Rigour : The Role of Visualization in The Calculus". *Visualization in Mathematics* (ed. Zimmermann & Cunningham), M.A.A., Notes No. 19, 105–119
- Tall. 1994a. "A Versatile Theory of Visualisation and Symbolisation in Mathematics". Plenary Presentation at the *Commission Internationale pour l'Étude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques*, Toulouse, France, July 1994
- Tall. 1994b. "The Psychology of Advanced Mathematical Thinking: Biological Brain and Mathematical Mind". Prepared for *the Working Group on Advanced Mathematical Thinking, at the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Lisbon, July 1994.

- Tall. 1995. "Cognitive Development, Representations and Proof". This paper was prepared for the *Conference on Justifying and Proving in School. Mathematics, Institute of Education, London, December 1995, pp. 27–38.*
- Tall. 2005a. "A Theory of Mathematical Growth through Embodiment, Symbolism and Proof". Written for the *International Colloquium on Mathematical Learning from Early Childhood to Adulthood*, organised by the Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, Nivelles, Belgium, 5-7 July 2005.
- Tall. 2005b. "The Transition from Embodied Thought Experiment and Symbolic Manipulation to Formal Proof". This article is written for the *Delta Conference*, on Frazer Island, Australia, November 2005.
- Siswono, T. Y. E. 2011. "Pembelajaran Matematika Berbasis Pengajaran dan Pemecahan Masalah (JUCAMA) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa". Makalah disajikan pada Seminar Nasional UNESA, Surabaya, 22 Oktober 2011
- Wasan S K & Prakash R. Ramjas College: *Real Analysis*. University of Delhi; Rajdhani College. University of Delhi. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publising Company Limited
- Wiludjeng H, Habsjah A, dan Wibawa D S. 2005. *Dampak Pembakuan Peran Gender terhadap Perempuan Kelas Bawah di Jakarta*. Pusat Kajian Pembangunan Masyarakat Unika Atmajaya Jakarta