

# KEMAMPUAN INTERPRETASI, PEMODELAN, DAN TRANSFORMASI GRAFIS MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA FMIPA UNIMED

Mukhtar  
Universitas Negeri Medan  
[mukhtar@unimed.ac.id](mailto:mukhtar@unimed.ac.id)

Muliawan Firdaus  
Universitas Negeri Medan  
[feerdhouzt@unimed.ac.id](mailto:feerdhouzt@unimed.ac.id)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis mahasiswa sebagai calon guru matematika. Untuk menggambarkan kemampuan grafis mahasiswa secara akurat, digunakan rancangan penelitian deskriptif dengan melibatkan 149 orang mahasiswa pendidikan matematika FMIPA Unimed. Data kuantitatif kemampuan grafis mahasiswa diperoleh dari tes tertulis dan data kualitatif diperoleh dari wawancara dengan beberapa orang mahasiswa secara individu. Hasil uji multivariat MANOVA satu arah memperlihatkan bahwa kemampuan grafis mahasiswa pendidikan matematika FMIPA Unimed secara signifikan bergantung pada tingkatan perkuliahan. Dengan kata lain, tingkatan mahasiswa memiliki pengaruh yang signifikan pada kemampuan interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis. Namun, masih terdapat mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam menyelesaikan tugas yang berkaitan dengan keterampilan grafik. Peningkatan kemampuan mahasiswa calon guru dalam penguasaan materi, teknologi, dan metode pengajaran akan mendukung penggunaan representasi grafis yang efektif dalam kegiatan pengajaran yang akan mereka lakukan di masa mendatang sehingga akan menghasilkan peningkatan dalam keterampilan grafis siswa mereka.

*Keyword* : interpretasi grafis, pemodelan grafis, transformasi grafis

## I. PENDAHULUAN

Grafik merupakan bagian fundamental dari matematika dan program-program instruksional yang menekankan bahwa kemampuan grafis siswa di semua jenjang pendidikan harus ditingkatkan. Sehubungan dengan kurikulum yang terkait dengan grafik dalam pendidikan matematika, *National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000)* menyatakan bahwa siswa harus mampu:

- Menggunakan representasi seperti grafik, tabel, dan persamaan untuk menarik kesimpulan. (Hal. 158)
- Memodelkan dan menyelesaikan masalah kontekstual dengan menggunakan berbagai representasi, seperti grafik, tabel, dan persamaan. (Hal 222)
- Menggunakan representasi tabular, simbolis, grafis, dan verbal. (Hal 297)

Meskipun grafik dinilai sangat penting dalam matematika, banyak penelitian yang memperlihatkan bahwa pada umumnya siswa memiliki masalah dalam menggunakan, menafsirkan, membaca, dan membangun

representasi grafis (McDermott, Rosenquist & Van Zee, 1987; Leinhardt, Zaslavsky & Stein, 1990; Mevarech & Kramarsky, 1997; Shah & Hoeffner, 2002). Banyak siswa tidak dapat menggunakan grafik untuk menyampaikan atau mengekstraksi informasi (Wainer, 1992). Trowbridge dan McDermott (1980) mengklaim bahwa banyak siswa yang berhasil dalam soal tes konvensional tetapi tidak dapat menerapkan konsep fisik dengan tepat ke situasi nyata. Siswa mengalami banyak kesalahpahaman terkait grafik terutama dalam membuat hubungan antara grafik, konsep fisik, dan dunia nyata (Barclay, 1985; Dugdale, 1993; Mokros & Tinker, 1987). Monk (1994) mengklaim bahwa sejumlah besar mahasiswa tidak memiliki dasar cukup untuk mencapai pemahaman antara grafik dan situasi kehidupan nyata. Selain itu, dalam memilih atau membangun grafik untuk menggambarkan aspek situasi fisik tertentu, mahasiswa lebih memilih grafik yang menyerupai “gambaran” situasi, dan bukan grafik yang secara memadai menggambarkan perilaku variabel-variabel yang terlibat (Clement, 1989; Mokros & Tinker, 1987).

Fey (1984) menyatakan bahwa ada tiga representasi matematis data dunia nyata, yaitu: (a) representasi tabular, (b) representasi aljabar, dan (c) representasi grafis. Representasi tabular berguna dalam menampilkan data dengan berbagai parameter. Representasi aljabar menentukan hubungan yang pasti antara variabel-variabel, namun tidak memberikan contoh sederhana maupun citra visual (Goldenberg, 1987). Representasi grafis memberikan gambar dalam batas-batas grafik. Grafik adalah jenis representasi yang berguna untuk merangkum kumpulan data, memperoleh dan menafsirkan informasi baru dari data yang kompleks.

Representasi grafis lebih sering digunakan karena memberikan alternatif yang baik untuk deskripsi lisan dan aljabar dengan menawarkan kepada siswa cara lain untuk menafsirkan data dan mengembangkan konsep (Michael, 1995). Grafik bisa menjadi alat yang sangat efektif dalam menyajikan informasi visual dengan lebih cepat. McKenzie dan Padilla (1984) menyatakan bahwa grafik merupakan alat penting dalam memungkinkan siswa memprediksi hubungan antar variabel dan untuk membuat sifat hubungan ini menjadi konkret. Grafik juga menjadi alat yang ampuh untuk mempelajari hubungan yang kompleks, dan ini adalah sarana komunikasi yang berguna jika sulit untuk menggambarkan informasi (Norman, 1993).

Dalam penelitian ini, definisi kemampuan grafis mengacu pada definisi yang dikemukakan oleh Kwon (2002) yang menyatakan bahwa kemampuan grafis adalah kemampuan untuk menggunakan grafik sebagai analisis kualitatif keseluruhan gambar. Kemampuan ini memudahkan siswa untuk menghubungkan grafik dengan konsep fisik dan situasi dunia nyata, sekaligus memungkinkan mereka untuk memaknai keterkaitan antara grafik dan peristiwa fisik. Kemampuan grafik terdiri dari tiga komponen: interpretasi (penafsiran), pemodelan, dan transformasi. Komponen-komponen ini didasarkan pada klasifikasi kerangka fungsi Leinhardt et al (1990) dan kerangka kerja O'Callaghan (1998). Secara ringkas, penjelasan untuk ketiga komponen ini diberikan sebagai berikut.

- Interpretasi berarti bahwa siswa dapat memperoleh makna dalam konteks yang konkret, serta mengubah banyak representasi menjadi ungkapan-ungkapan verbal (O'Callaghan, 1998). Dalam penelitian ini, kemampuan interpretasi grafis didefinisikan sebagai kemampuan untuk menerjemahkan dari grafik ke ekspresi verbal. Siswa dapat mengekstrak informasi dari grafik yang mereka butuhkan untuk memecahkan masalah dan

membuat berbagai jenis interpretasi atau fokus pada berbagai aspek grafik. Interpretasi biasanya mengacu pada pembacaan grafik dan mendapatkan informasi darinya (Mevarech & Kramarsky, 1997). Interpretasi bisa bersifat global, mengacu pada sifat keseluruhan grafik atau bagian utama dari grafik, atau lokal, mengacu pada sifat-sifat dari sebuah titik pada grafik (Leinhardt et al., 1990). Komponen ini berevolusi saat siswa mengembangkan dan mengintegrasikan struktur sebagai nilai dan pola perilaku yang spesifik (O'Callaghan, 1998).

- Pemodelan matematika melibatkan pemulihan proses matematika dari pengalaman mendeskripsikan dan menafsirkan fenomena fisik dan sosial (O'Callaghan, 1998). Dengan menggunakan analogi yang serupa, dalam penelitian ini, kemampuan pemodelan grafis didefinisikan sebagai kemampuan untuk menerjemahkan dari situasi dunia nyata ke grafik. Komponen ini dapat memperjelas pemahaman tentang fenomena kompleks dalam situasi dunia nyata dan memilih grafik yang sesuai dengan konteks yang sebenarnya. Pemodelan melibatkan penggunaan grafik untuk membentuk representasi abstrak dari hubungan kuantitatif dalam situasi tersebut (Fey, 1984).
- Transformasi melibatkan interpretasi beberapa grafik yang menggambarkan aspek yang berbeda dari urutan kejadian yang sama dan memodelkan berbagai peristiwa dunia nyata. Dalam penelitian ini, transformasi grafis didefinisikan sebagai kemampuan untuk melihat dan menggambar berbagai grafik yang menggambarkan suatu kejadian. Misalnya, transformasi memungkinkan siswa untuk memprediksi grafik waktu-kecepatan setelah siswa membuat hubungan fisik jarak-waktu. Komponen ini mengintegrasikan kemampuan interpretasi (menghubungkan grafik dengan dunia nyata) dan kemampuan pemodelan (menghubungkan grafik dengan konsep fisik) (Leinhardt et al., 1990).

Grafik dianggap sebagai alat matematika karena untuk berkomunikasi melalui representasi grafis memerlukan kompetensi matematis seperti persepsi visual, pemikiran logis, mem-plot titik dari data atau dari suatu fungsi, memprediksi pergerakan garis yang menghubungkan titik-titik, menyimpulkan hubungan antara variabel, dan sebagainya. Grafik merupakan alat bantu yang sangat berguna dalam pemecahan masalah aritmatika dan aljabar dan dalam merepresentasikan hubungan di antara variabel-variabel, menampilkan hubungan-hubungan



matematis yang tidak dapat dikenali dengan mudah dalam bentuk numerik (Ersoy, 2004). Dengan memperhatikan kelebihan-kelebihan ini, grafik seharusnya digunakan secara efektif dalam pengajaran dan guru harus merancang lingkungan belajar yang memberi pemahaman siswa terhadap representasi grafis dan meningkatkan kemampuan grafis mereka. Untuk itu, menyelidiki keterampilan grafis mahasiswa calon guru matematika merupakan hal yang penting untuk dilakukan, karena guru memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengajaran dan pembelajaran.

Kemampuan guru terkait interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis serta penggunaan representasi grafis dalam pengajaran yang mereka lakukan dapat mempengaruhi kinerja grafis siswa mereka. Jadi, penyelidikan terhadap keterampilan grafis dan kesulitan-kesulitan yang dihadapi oleh mahasiswa sebagai calon guru merupakan hal yang penting untuk dilakukan sebagai langkah awal dalam memberikan rekomendasi dan implikasi untuk mengatasi kesulitan-kesulitan tersebut sekaligus meningkatkan pemahaman grafis mereka.

## II. METODE PENELITIAN

Dengan menggunakan alat pengumpul data kuantitatif dan kualitatif, penelitian dilakukan dengan melibatkan 149 orang mahasiswa pendidikan matematika FMIPA Unimed sebagai partisipan yang terdiri dari 43 orang (28,9%) mahasiswa tahun pertama, 41 orang (27,5%) mahasiswa tahun kedua, 32 orang (21,5%) mahasiswa tahun ketiga, dan 33 orang (22,1%) mahasiswa tahun keempat.

Data kuantitatif kemampuan grafis mahasiswa diperoleh dari tes tertulis dan data kualitatif diperoleh dari wawancara dengan mahasiswa secara individu. Tes tertulis terdiri dari 20 item dengan 10 item berbentuk pilihan ganda dan 10 item berbentuk respon bebas. 10 item pilihan ganda terkait kemampuan interpretasi grafis dan lima item respon bebas terkait pemodelan grafis diadaptasi dari soal-soal ujian Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2006-2016. Lima item respon bebas yang terkait dengan transformasi grafis dikembangkan oleh peneliti berdasarkan literatur dan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Reliabilitas ( $\alpha$  Cronbach) tes adalah 0,87.

Item-item tes telah dikonsultasikan dengan dan divalidasi oleh dua orang dosen matematika, 10 orang guru matematika sekolah menengah atas, dan lima orang mahasiswa pascasarjana pendidikan matematika. Setiap pertanyaan dimaksudkan untuk menilai satu aspek kemampuan grafik: (a)

menafsirkan grafik dalam bentuk fenomena fisik, (b) memodelkan fenomena fisik dengan grafik, atau (c) transformasi antara grafik dalam konteks situasi dunia nyata. Setiap item pilihan ganda yang benar bernilai 3, dan setiap jawaban yang salah bernilai 0. Setiap item tanggapan bebas diberi skor 3, 2, 1, atau 0, sesuai dengan kualitas jawabannya dengan mengacu kepada rubrik yang dikembangkan oleh Kwon (2002) sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rubrik untuk Item Respon Bebas  
(adaptasi dari Kwon, 2002)

Kategori	Skor
Pemodelan	
• Bentuk grafik (garis atau kurva)	1
• Arah grafik (menurun atau menaik)	1
• Bentuk kurva (cekung atas atau cekung bawah)	1
Transformasi	
• Bentuk grafik (garis atau kurva)	1
• Kemiringan garis	1
• Bentuk kurva (cekung atas atau cekung bawah)	1

Dengan demikian, komponen interpretasi grafis memiliki kemungkinan skor total 30, komponen pemodelan grafis dan komponen transformasi grafis memiliki kemungkinan skor total 15. Beberapa contoh item yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.

Jawaban mahasiswa dievaluasi dalam dua tahapan. Pada tahap pertama, uji multivariat MANOVA satu arah digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata skor tes mahasiswa pada kemampuan grafis (interpretasi, pemodelan, dan transformasi) berdasarkan tingkatan perkuliahan (tahun pertama, kedua, ketiga, dan keempat). Pada tahap kedua, dilakukan wawancara secara individu pada sembilan orang mahasiswa partisipan yang dipilih berdasarkan kesalahan jawaban terbanyak dan dianggap tidak memiliki kemampuan grafis yang memadai. Dalam wawancara ini mahasiswa diminta untuk memeriksa kembali jawaban mereka dan menjelaskan penalaran mereka dalam menuliskan jawaban tersebut secara verbal. Selain itu, dilakukan analisis yang mendalam pada jawaban mahasiswa terkait tes kemampuan transformasi grafis dalam bentuk item respon bebas untuk mengetahui kesulitan yang sering mereka hadapi ketika mereka mengintegrasikan kemampuan interpretasi (menghubungkan grafik

dengan dunia nyata) dan kemampuan pemodelan (menghubungkan grafik dengan konsep fisik).

Interpretasi, Pemodelan, dan Transformasi Grafis Mahasiswa Pendidikan Matematika FMIPA Unimed

**Interpretasi Grafis**  
Grafik jarak-waktu berikut ini memperlihatkan pergerakan dua orang yang berbeda, Andrea dan Badzlan, yang berjalan pada saat yang bersamaan ke arah yang sama. Pilihlah waktu (A, B, atau C) ketika Badzlan berjalan lebih cepat dari Andrea.

**Pemodelan Grafis**  
Pilihlah grafik jarak-waktu (1, 2, atau 3) dari sebuah bola ketika bola tersebut menggelinding dari titik A.

**Transformasi Grafis**  
Gambarlah grafik jarak-waktu untuk grafik kecepatan-waktu berikut ini.

Gambar 1. Contoh item tes

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Rata-rata dan simpangan baku untuk ketiga variabel terikat yang berbeda (kemampuan interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis), yang telah dipisahkan oleh variabel bebas (mahasiswa pendidikan matematika FMIPA Unimed) diperlihatkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Kemampuan  
Tabel 3. Hasil Uji Multivariat

	Mahasiswa	Mean	Std. Deviation	N
Interpretasi	Tahun I	14.90	6.127	30
	Tahun II	18.80	5.222	30
	Tahun III	21.30	4.879	30
	Tahun IV	24.30	4.340	30
	Total	19.82	6.178	120
Pemodelan	Tahun I	7.50	2.129	30
	Tahun II	8.73	2.392	30
	Tahun III	9.70	2.667	30
	Tahun IV	9.03	2.871	30
	Total	8.74	2.623	120
Transformasi	Tahun I	7.53	2.556	30
	Tahun II	7.10	2.354	30
	Tahun III	7.77	2.515	30
	Tahun IV	10.20	3.188	30
	Total	8.15	2.904	120

Sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel 2, secara umum rata-rata skor tes kemampuan interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis mahasiswa semakin tinggi dengan tingkatan perkuliahan yang semakin tinggi. Lebih lanjut, MANOVA satu arah dilakukan untuk menentukan apakah perbedaan yang ditemukan di antara skor tes mahasiswa calon guru adalah signifikan. Hasil uji multivariat diperlihatkan dalam Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai “Sig.” efek kedua yang berlabel “Mahasiswa” pada baris “Wilks' Lambda” bernilai .000, yang berarti  $p < .0005$ . Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kemampuan grafis mahasiswa pendidikan matematika FMIPA Unimed secara signifikan bergantung pada tingkatan perkuliahan ( $p < .0005$ ). Dengan kata lain, terdapat perbedaan yang signifikan dalam kemampuan grafis pada tingkatan perkuliahan,  $F(9, 277) = 8,37, p < .0005$ ; Wilk's  $\Lambda = .560$ , partial  $\eta^2 = .12$ . Analisis pengaruh di antara subjek dilakukan untuk memperlihatkan bagaimana variabel-variabel terikat (kemampuan interpretasi, pemodelan, dan transformasi grafis) berbeda untuk variabel bebas (tingkatan mahasiswa). Dengan kriteria signifikansi yang diterima pada  $p < .025$  (koreksi Bonferroni), dapat dilihat bahwa tingkatan mahasiswa memiliki pengaruh yang signifikan pada kemampuan interpretasi grafis ( $F(3, 116) = 17.68; p < .0005$ ; partial  $\eta^2 = .31$ ), kemampuan pemodelan grafis ( $F(3, 116) = 3.98; p < .0005$ ; partial  $\eta^2 = .09$ ) dan kemampuan transformasi grafis ( $F(3, 116) = 8.17; p < .0005$ ; partial  $\eta^2 = .17$ ).



Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>d</sup>
Intercept	Pillai's Trace	.964	1018.996 <sup>a</sup>	3.000	114.000	.000	.964	3056.988	1.000
	Wilks' Lambda	.036	1018.996 <sup>a</sup>	3.000	114.000	.000	.964	3056.988	1.000
	Hotelling's Trace	26.816	1018.996 <sup>a</sup>	3.000	114.000	.000	.964	3056.988	1.000
	Roy's Largest Root	26.816	1018.996 <sup>a</sup>	3.000	114.000	.000	.964	3056.988	1.000
Mahasiswa	Pillai's Trace	.489	7.536	9.000	348.000	.000	.163	67.822	1.000
	Wilks' Lambda	.560	8.310	9.000	277.597	.000	.176	59.274	1.000
	Hotelling's Trace	.700	8.763	9.000	338.000	.000	.189	78.864	1.000
	Roy's Largest Root	.540	20.878 <sup>b</sup>	3.000	116.000	.000	.351	62.635	1.000

a. Design: Intercept + Mahasiswa

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

d. Computed using alpha = .05

Secara umum mahasiswa program studi pendidikan matematika FMIPA Unimed memperoleh hasil yang baik pada tes kemampuan interpretasi grafis. Hanya sebagian kecil mahasiswa melakukan kesalahan dalam memberikan jawaban dikarenakan mereka tidak memperhatikan label sumbu pada grafik yang diberikan dan keliru dalam berhitung.

Jawaban mahasiswa pada tes kemampuan pemodelan grafis memperlihatkan bahwa sebagian besar mahasiswa mampu memilih grafik yang tepat tetapi mengalami kesulitan dalam mengkonstruksi grafik yang baru. Hasil ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Leinhardt et al. (1990) bahwa konstruksi membutuhkan kompetensi yang lebih dari interpretasi. Untuk memilih grafik yang tepat dari sebuah situasi melibatkan interpretasi dan prediksi, dan hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kemampuan interpretasi grafis mahasiswa lebih baik dari kemampuan mereka dalam pemodelan grafis.

Pada tes kemampuan transformasi grafis, mahasiswa memperlihatkan kesulitan dalam menggambar grafik baru dari grafik yang diberikan dengan perubahan pada label sumbu grafik tersebut. Sebagai contoh, mahasiswa tidak dapat memutuskan bagaimana menggambar grafik jarak-waktu dari grafik kecepatan-waktu yang diberikan. Dari hasil wawancara diketahui bahwa mahasiswa dapat menjawab pertanyaan wawancara dan menjelaskan bentuk grafik untuk tes terkait kemampuan transformasi grafis tetapi mereka tidak dapat menggambarkannya dengan benar atau mereka bahkan terkesan menghindarinya. Semua mahasiswa dengan kemampuan pemodelan dan transformasi grafis yang rendah menyatakan bahwa mereka tidak cukup menguasai fisika sehingga mereka tidak merasa yakin dengan jawaban mereka. Meskipun soal-soal dalam penelitian ini tidak membutuhkan pengetahuan fisika dan mahasiswa program studi pendidikan matematika yang seharusnya terbiasa dengan grafik kecepatan-waktu dan jarak-waktu dari topik turunan dalam matematika, mereka masih saja mengalami

kesulitan dalam menjawab soal terkait transformasi grafis.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, kemampuan mahasiswa program studi pendidikan matematika FMIPA Unimed sebagai calon guru matematika dalam interpretasi, pemodelan dan transformasi grafik secara signifikan menjadi lebih baik dengan tingkat perkuliahan yang semakin tinggi. Namun demikian, meskipun program pengajaran di sekolah dasar dan menengah menekankan pentingnya grafik, penelitian ini menunjukkan bahwa masih terdapat mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam menyelesaikan tugas yang berkaitan dengan keterampilan grafik. Untuk itu, dianjurkan agar guru menggunakan representasi grafis secara efektif di lingkungan belajarnya guna mendukung peningkatan kemampuan grafis siswa. Guru harus memberikan kesempatan yang lebih luas kepada siswa untuk melatih kemampuan grafisnya dalam konteks yang beragam.

Peningkatan kemampuan mahasiswa calon guru dalam penguasaan materi, teknologi, dan metode pengajaran tentunya akan mendukung penggunaan representasi grafis yang efektif dalam kegiatan pengajaran yang akan mereka lakukan di masa mendatang sehingga akan menghasilkan peningkatan dalam keterampilan grafis siswa mereka. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian yang lebih rinci harus dilakukan untuk menyelidiki kesulitan yang dihadapi oleh siswa dan mahasiswa calon guru dalam keterampilan grafis dan difokuskan pada penggunaan metode pembelajaran yang sesuai. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk merevisi metode pembelajaran yang digunakan dalam pengajaran dan pembelajaran grafis. Selain itu, dengan mengingat bahwa terdapat beberapa penelitian yang melaporkan pengaruh positif dari penggunaan komputer terkait dengan representasi grafis (Kwon, 2002), penggunaan program perangkat lunak yang memungkinkan penggambaran dan interpretasi terhadap

representasi grafis harus didorong dalam program pembelajaran.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Barclay, W. L. (1986, June). Graphing misconceptions and possible remedies using microcomputer-based labs. Paper presented at the 7th National Educational Computing Conference, University of San Diego, San Diego, CA.
- Clement, J. (1989). The concept of variation and misconceptions in Cartesian graphing. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11(2), 77-86.
- Dugdale, S. (1993). Perspective on student thinking. In T. A. Romberg, E. Fennema, & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions* (pp. 101-130). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ersoy, A. F. (2004). *The Effects of Calculator Based Laboratories (CBL) on Graphical Interpretation of Kinematic Concepts in Physics at METU Teacher Candidates*. Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Fey, J. T. (1984). *Computer and mathematics: The impact on secondary school curriculum*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Goldenberg, P. E. (1987). Believing is seeing: How preconceptions influence the perception of graphs. Proceedings of the 11th Conference of the International Group of the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1, pp.197-204), Montreal.
- Kwon, O. N. (2002). The effect of calculator based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics* 102 (2), 57-67.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60, 1-64.
- Mevarech, Z. R. & Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: stability and change in students conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32, 229-263.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. and Van Zee, E. H. (1987) Student difficulties in Connecting Graphs and Physics: Examples From Kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 571-579.
- Michael, T. S. (1995, April). Effect of microcomputer based laboratory on graphing interpretation skills and understanding of motion. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Mokros, J. R., & Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 369-383.
- Monk, G. S. (1994). Students' understanding of function in calculus courses. *Humanistic Mathematics Network Journal*, 9, 21-27.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Norman, F. A. (1993). Integrating research on teachers' knowledge of function and their graphs: Integrating research on the graphical representation of functions. In T. A. Romberg, E. Fennema, & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions* (pp. 159-187). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- O'Callaghan, B. R. (1998). Computer-intensive algebra and students' conceptual knowledge of functions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 21-40.
- Shah, P. & Hoeffner, J. (2002). Review of Graph Comprehension Research: Implications for Instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69.
- Trowbridge, D., & McDermott, L. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48, 1020-1028.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21, 14-23.