

Peran Pembelajaran Pemodelan Matematika di Sekolah

Ida Fitriana Ambarsari¹, Nur Hasanah^{2*}

^{1,2} STKIP PGRI Situbondo

*Email : aku.hasanah12@gmail.com

Abstract: Some problems in real life can be solved by using mathematics. The first step to solving the problem is to formulate or represent the problem in mathematical language. The process of formulating or representing into mathematical language is referred to as mathematical modeling. The implementation of mathematical modeling in the classroom is still relatively new and rarely applied in the classroom. However, based on the statements of several experts, it is explained that mathematical modeling can be taught, studied and suggested to be implemented in the classroom. The purpose of this research is to present the results of studies from several sources data related to the implementation and the role or importance of implementing mathematical modeling learning in the classroom. The research method used in this research was literature review. Furthermore, based on the study of several literatures, it is found that learning mathematical modeling is recommended to be implemented in the classroom because it has many positive effects on students. Some researchers explain that learning mathematical modeling is important to be implemented in the classroom because it can improve students' motivation, creativity, and independence in learning mathematics. However, it also explains some of the weakness of learning mathematical modeling and recommendations for follow-up.

Keywords: *mathematics education, mathematics learning, mathematical modeling*

Abstrak: Beberapa masalah di kehidupan sehari-hari dapat diselesaikan dengan menggunakan matematika. Langkah pertama untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan merumuskan atau merepresentasikan masalah tersebut ke dalam bahasa matematika. Proses merumuskan atau merepresentasikan ke dalam bahasa matematika tersebut disebut sebagai pemodelan matematika. Implementasi pemodelan matematika di kelas masih terbilang baru dan jarang diaplikasikan di kelas. Namun, berdasarkan pernyataan beberapa ahli dijelaskan bahwa pemodelan matematika dapat diajarkan, dipelajari dan disarankan untuk diimplementasikan di kelas. Tujuan pada penelitian ini adalah memaparkan hasil kajian dari beberapa sumber data terkait implementasi dan peran atau pentingnya implementasi pembelajaran pemodelan matematika di kelas. Metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka atau *literature review*. Lebih lanjut, berdasarkan kajian dari beberapa pustaka diperoleh bahwa pembelajaran pemodelan matematika disarankan untuk diimplementasikan di kelas karena memiliki banyak pengaruh positif terhadap siswa. Beberapa peneliti menjelaskan bahwa pembelajaran pemodelan matematika penting untuk diimplementasikan di kelas karena dapat meningkatkan motivasi, kreatifitas, dan mandiri siswa dalam belajar matematika. Namun, dijelaskan juga beberapa kelemahan pembelajaran pemodelan matematika dan rekomendasi tindak lanjutnya.

Kata Kunci: *pendidikan matematika, pembelajaran matematika, pemodelan matematika*

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari banyak masalah yang dihadapi oleh suatu negara, perusahaan atau seseorang. Secara umum, masalah bisa diartikan sebagai kesenjangan antara hal yang seharusnya terjadi dan yang terjadi pada kenyataan, atau antara harapan dan keadaan sekarang. Menyelesaikan masalah dapat dikatakan menjembatani kesenjangan tersebut. Jika masalah tersebut atau sebagian dari masalah tersebut bersifat kuantitatif, maka matematika dapat membantu untuk menyelesaikannya.

Langkah pertama penyelesaian masalah dengan matematika, yaitu merumuskan masalah atau merepresentasikan masalah ke bahasa matematika (misalnya, menjadi suatu bentuk aljabar). Langkah tersebut disebut sebagai menyusun model matematika dari masalah tersebut. Wang and Li (2018) telah mengklasifikasikan model dan salah satunya menjelaskan tentang model matematika. Model matematika menggambarkan dan menjelaskan representasi sistem dengan simbol matematika (Wang and Li, 2018). Lebih lanjut, model matematika berfokus pada karakteristik struktur (contoh: karakteristik fisika dan musik) (Lesh and Doerr, 2003).

Semua aktivitas pemodelan mempunyai paling sedikit dua aspek umum: mereka menggunakan suatu model untuk berpikir tentang atau memperkenalkan hubungan realitas dan model adalah sesuatu lebih kurang idealisasi atau penyederhanaan. Beberapa contohnya adalah manipulatif, demonstrasi, peranan pemodelan, dan konsep model matematika adalah alat yang berharga untuk pengajaran dan pembelajaran. Hal ini dijelaskan juga menurut (Hunt, 2007) bahwa model matematika digunakan untuk berbagai tujuan. Sebagai contoh model ekonomi dan model lingkungan digunakan sebagai sumber untuk membuat keputusan di level berbeda di dalam masyarakat dan di dalam dunia kerja. Namun demikian, mereka berbeda dengan pemodelan matematika praktis.

(Gould, 2013) menyatakan bahwa dua kegunaan model matematika, yang pertama untuk menggambarkan atau meringkas suatu situasi, dan kedua, untuk menjelaskan penyebab pokok di dalam suatu situasi. Jadi, dapat diambil kesimpulan bahwa model matematika adalah suatu sistem dalam dunia matematika yang merepresentasikan atau menggambarkan suatu sistem lain (dunia nyata) yang diperoleh melalui proses menerjemahkan masalah dunia nyata ke dunia matematika yang dilakukan untuk tujuan khusus.

Bliss, *et. al.* (2016) menyatakan bahwa pemodelan matematika adalah proses menggunakan matematika untuk representasi, analisis, membuat prediksi atau sebaliknya memberikan pemahaman pada fenomena di kehidupan sehari-hari. Selanjutnya, menurut Maaß, *et. al.* (2009), pemodelan matematika memiliki makna penerapan matematika pada realistik, masalah terbuka. Lebih lanjut, Bliss, *et. al.* (2016) menjelaskan penekanan aspek terpenting pada topik pemodelan matematika ini, yaitu relasi antara *modeling* dan dunia sekitar kita. Relasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. Bahasa matematika digunakan untuk mengkuantifikasi fenomena masalah kehidupan nyata dan analisis tingkah laku.
- b. Matematika digunakan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan pemahaman dari masalah kehidupan nyata.
- c. Proses pemecahan masalah yang menggunakan prinsip iterasi dimana matematika digunakan untuk menginvestigasi dan mengembangkan pemahaman lebih dalam.

Pemodelan matematika adalah suatu tantangan untuk siswa dengan beberapa tingkatan, karena siswa bekerja pada masalah dunia nyata, dimana mengharuskan untuk menerapkan matematika (Ferri, 2018). Selanjutnya, (Wittman and Marxer, 2009) menyatakan pemodelan artinya memahami masalah yang realistis, menyusun model masalah dan mencari solusi dengan menyelesaikan model secara matematis.

Proses perumusan masalah dari dunia nyata ke dalam bahasa matematika selalu memiliki kondisi yang sama, yaitu situasi pada dunia nyata biasanya mempunyai banyak aspek yang tidak dapat diambil segala aspeknya untuk dilakukan perhitungan, sehingga harus dipilih aspek apa saja yang terpenting dan diperhatikan. Setelah menentukan aspek yang penting, langkah selanjutnya adalah mengubah ke dalam istilah (dunia) matematika. Selanjutnya, dapat dilakukan analisis terhadap model dan diperoleh contoh, aproksimasi, teorema, dan algoritma yang menarik. Setelah model diselesaikan, akan diperoleh solusi dari penyelesaian model matematika tersebut. Hasil tersebut lalu diterjemahkan kembali ke situasi dunia nyata, lalu dianalisis kembali hasil tersebut, apakah hasilnya praktis, jawabannya masuk akal, dan kesimpulannya dapat diterima. Jika ya, maka diperoleh solusi dari masalah dunia nyata tersebut, tetapi jika tidak, maka lakukan kembali langkah di awal dan coba kembali dengan langkah-langkah yang sama. Semua proses ini disebut sebagai pemodelan matematika (Pollack, *et. al.* 2012).

Pemodelan matematika adalah suatu cara untuk membantu siswa membuat koneksi antara matematika sekolah dan masalah dunia nyata. Menurut Ee and Hoe (2012) pemodelan matematika adalah proses penyajian dan penggambaran masalah dunia nyata secara matematika, sehingga memahami dan menemukan solusi masalah. Pemodelan matematika dipandang sebagai konstruksi dari hubungan atau jembatan antara matematika sebagai cara memahami dunia sosial dan fisika dan matematika sebagai himpunan struktur abstrak dan formal (Greer, 1997; Mukhopadhyay and Greer, 2001). Menurut Frejd and Bergsten (2018), pemodelan adalah proses membuat model dari “sesuatu”.

Lebih lanjut, menurut Yanagimoto (2005) menjelaskan bahwa “*mathematical modeling is not just a process of solving a real life problem using mathematics; it has to involve applying mathematics in situations where the results are “useful in society”*”. Arti dari penjelasan tersebut adalah pemodelan matematika bukan sekedar proses menyelesaikan masalah dunia nyata

menggunakan matematika, tetapi hasilnya berguna dalam masyarakat. Selanjutnya, Bassanezi (1994) menyatakan bahwa “*mathematical modeling is defined simply as a process of understanding, simplifying and solving a real life problem in mathematical terms*”. Hal ini memiliki arti bahwa pemodelan matematika didefinisikan secara sederhana sebagai proses memahami, menyederhanakan dan menyelesaikan masalah dunia nyata dalam istilah (bahasa) matematika. Kemudian, Swetz and Hartzler (1991) mendefinisikan “*mathematical modeling as a process of observing a phenomenon, conjecturing relationships, applying and solving suitable equations, and interpreting the results*”, dapat diartikan bahwa pemodelan matematika sebagai proses mengobservasi fenomena, hubungan konjektur (dugaan), menerapkan dan menyelesaikan persamaan dan interpretasi hasil.

Jadi, pemodelan matematika adalah proses penyajian dan penggambaran masalah dunia nyata menggunakan matematika melalui representasi, analisis, membuat prediksi atau sebaliknya, sehingga memberikan pemahaman dalam fenomena dunia nyata secara matematika dalam rangka memahami dan menemukan solusi masalah.

Menurut Winter (2004) pendidikan matematika harus menyediakan tiga pengalaman dasar, yaitu: (1) Matematika sebagai aplikasi, untuk merealisasikan cara spesifik dan untuk memahami fenomena di dunia sekitar (kontribusi dasar matematika terhadap perolehan pengetahuan penting tentang dunia), (2) Matematika sebagai struktur, untuk mempelajari dan memahami masalah representasi matematika di dalam bahasa, simbol, gambar dan formula sebagai kreasi intelektual, sebagai cara berpikir deduktif terurut, dan (3) Matematika sebagai tindakan area kreatif, untuk memperoleh keterampilan pemecahan masalah dengan analisis tugas yang di luar matematika.

Tujuan temuan secara empiris motivasi untuk mengajar pemodelan adalah siswa menghitung dan berpikir lebih secara kreatif, jangka panjang, pengaruh positif di dalam pelajaran matematika, siswa belajar lebih mandiri, matematika meningkatkan relevansi untuk siswa dalam kehidupan sehari-hari, pengaruh positif jangka panjang di luar pelajaran matematika, beban pengajaran berkurang ketika siswa belajar untuk menyelesaikan tugas pemodelan, pemodelan dapat digunakan di dalam kelas dengan *gap* besar antara performa siswa (Schmidt, 2012; Knott, 2014).

Maaß, *et. al.* (2018) menyarankan untuk tidak memulai pelajaran matematika (suatu topik baru dulu) dengan definisi, tetapi dengan fenomena memotivasi atau suatu pertanyaan menarik dari kehidupan sehari-hari. Di dalam pembelajaran menjawab pertanyaan yang muncul ini adalah cara memperkenalkan atau mengembangkan alat matematika dibutuhkan untuk tujuan ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dari data yang dihimpun. Penelitian ini memaparkan hasil kajian mengenai peran atau pentingnya pemodelan matematika pada pembelajaran matematika. *Literature review* dilakukan dengan fokus pada artikel original yang memuat abstrak, pendahuluan, metode, dan hasil. Pencarian artikel dilakukan pada database Sinta dan researchgate dengan kata kunci pemodelan matematika atau *mathematical modeling*. Kriteria data yang digunakan meliputi:

1. Sumber data diperoleh dari jurnal, buku, media massa atau internet.
2. Data yang digunakan bersumber dari jurnal atau buku yang terkait dengan implementasi pemodelan matematika di sekolah dan pentingnya pelaksanaan di kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel di bawah ini menunjukkan beberapa artikel penelitian tentang peran atau pentingnya aktivitas pemodelan matematika di sekolah yang telah dianalisis.

Tabel 1. Penelitian Peran Aktivitas Pemodelan Matematika di Sekolah

JURNAL	PENULIS	HASIL PENELITIAN
Universal Journal of Education Research, Vol. 3, No. 1	Arseven, A (2015)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pentingnya pemodelan matematika dalam pengajaran matematika adalah merangsang aktivitas matematika siswa, meningkatkan motivasi, dan memberikan formasi kualitas sikap, berpikir konseptual dan daya berpikir matematika.
Unpublish Doctoral Dissertation	Knott, A (2014)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pentingnya pemodelan matematika dalam pengajaran matematika adalah siswa berpikir lebih kreatif, memberikan pengaruh positif jangka panjang, dan siswa lebih mandiri dalam belajar.
Electronic Proceedings of the 17 th Asian Technology Conference in Mathematics	Ang, K. C. (2012)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pentingnya pemodelan matematika dalam pengajaran matematika adalah membuat koneksi antara matematika berbasis sekolah dan eksplisit dunia nyata.
Buku	Bliss, <i>et. al.</i> (2016)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pentingnya pemodelan matematika dalam pengajaran matematika di Pra Taman Kanak-

		Kanak adalah cara untuk mengembangkan dan memelihara disposisi matematika siswa.
Procedia – Social and Behavioral Sciences	Üzel, D and Özdemir, E (2012)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika memberikan dampak positif pada efektivitas pembelajaran dan pembelajaran menjadi menyenangkan.
Unpublish Doctoral Dissertation	Gould, H. (2013)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika penting dalam pembelajaran karena menyajikan cara <i>doing mathematics</i> dan memahami matematika baru.
Book	Ferri, R. B. (2018)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika penting dalam pembelajaran karena menyediakan kaya potensi untuk semua siswa di kelas (siswa dengan kemampuan matematika rendah hingga tinggi).
Book	Hirsch, <i>et. al.</i> (2016)	Penelitian ini menjelaskan bahwa penting untuk memasukkan pemodelan matematika dalam pembelajaran untuk menyempurnakan pembelajaran matematika dan aplikasinya.
Monograph	Lesh, R. (2012)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika bisa membantu siswa menjadi pemecah lebih baik dan mengaplikasikan matematika di kehidupan nyata.
Proceedings of the 28 th International PME Conference	English, L. D. and Watters, J. J. (2004)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika bisa memotivasi ketertarikan siswa pada matematika.
International Journal of Mathematical Education in Science and Technology	Crouch, R. and Haines, C. (2004)	Penelitian ini menjelaskan bahwa pemodelan matematika berpotensi meningkatkan performa dalam matematika.
EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education	Krutikhina, M. V., <i>et. al.</i> (2018)	Penelitian ini menjelaskan bahwa implementasi pemodelan matematika menunjukkan siswa bagaimana aplikasi matematika di kehidupan nyata dan merupakan motivasi untuk subjek pembelajaran.

Menurut, Manouchehri, *et. al.* (2018) guru matematika dituntut untuk merealisasikan cara efektif implementasi pemodelan matematika di kelas. Jadi,

guru matematika seharusnya mulai mengimplementasikan pembelajaran pemodelan matematika di kelas. Namun, pada kenyataannya pembelajaran pemodelan matematika masih jarang dilaksanakan di kelas (Blum, *et. al.* 2002; Maaß, 2010). Bahkan, studi empiris menunjukkan bahwa banyak guru hampir tidak memahami dan mengintegrasikan pemodelan matematika ke dalam pembelajarannya (Maaß, *et. al.* 2009; Maaß, 2010). Padahal di beberapa negara pemodelan adalah bagian dari kurikulum nasional. Namun, pada sebagian besar negara pemodelan hanya berperan kecil dalam pembelajaran di kelas.

Lebih lanjut, untuk implementasi pemodelan matematika di kelas diperlukan panduan guru dalam mengajar pemodelan matematika. Hal ini disebabkan oleh kurangnya buku atau contoh tugas pemodelan. Menurut Ferri (2018) tidak ada buku pembelajaran pemodelan matematika yang dapat digunakan oleh guru untuk menemukan teori sebagai dasar untuk mengajar dan secara bersama dapat menyiapkan guru sekarang dan masa mendatang untuk pembelajaran pemodelan matematika berkualitas tinggi. Pada kenyataan guru belum memiliki bekal untuk mengimplementasikan pemodelan matematika di kelas.

Di lain sisi, pembelajaran pemodelan juga memenuhi criteria pembelajaran yang baik menurut Meyer (2006), kriteria dijelaskan sebagai berikut: (1) Struktur pengajaran yang jelas; (2) Jumlah yang banyak waktu untuk tugas; (3) Iklim kondusif untuk pembelajaran; (4) Kejelasan konten; (5) Komunisi bermakna; (6) Variasi metode pengajaran; (7) Dukungan secara individu; (8) Latihan cerdas; (9) Deskripsi jelas tujuan dicapai; (10) Lingkungan pembelajaran disiapkan dengan baik.

Ada tiga hambatan bagu guru Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah dalam mengimplementasikan pemodelan, yaitu materi, waktu dan penilaian (Ferri, 2018). Menurut Ferri (2018) hampir semua guru-guru di seluruh dunia berhadapan dengan tantangan pembelajaran pemodelan matematika. Hal ini juga dijelaskan oleh Ang, K. C. (2012), banyak guru di Singapura mengalami kesulitan dalam mengajarkan pemodelan matematika (termasuk tugas pemodelan matematika) pada pembelajaran dan guru matematika berhadapan dengan sejumlah tantangan, seperti berikut: (1) Kekurangan sumber yang sudah jadi dan relevan, (2) Kumpulan lembar dan masalah pemodelan, dan (3) Ketekunan dari siswa untuk terlibat di dalam aktivitas yang tidak langsung berhubungan dengan ujian dan penilaian. Menurut Spandaw and Zwaneveld (2010), banyak guru yang tidak *familiar* dengan pemodelan, atau tidak ingin menghabiskan waktu dengan mengimplementasikan pemodelan di dalam kelas matematika. Kelemahannya siswa belum pernah melakukan proses pemodelan sehingga belum muncul model matematika yang telah dituliskan. Hal ini disebabkan pemodelan masih relatif baru dan perlu terus menerus melakukan proses pemodelan dalam pembelajaran matematika.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang implementasi pemodelan matematika dan kajian terkait peran atau pentingnya pembelajaran pemodelan matematika di sekolah dapat disimpulkan bahwa pembelajaran pemodelan matematika disarankan untuk diimplementasikan di kelas karena dapat memberikan keterampilan baru terhadap siswa tentang menghubungkan matematika dengan masalah di kehidupan sehari-hari dan dapat meningkatkan motivasi siswa belajar matematika, serta cocok untuk digunakan di semua tingkat pendidikan dan untuk semua siswa.

Lebih lanjut, pembelajaran pemodelan matematika juga memiliki kelemahan dalam implementasinya. Pemodelan matematika merupakan tantangan bagi guru dan siswa. Perlu suatu inovasi untuk menciptakan buku pembelajaran pemodelan matematika sekolah terutama di Indonesia. Diperlukan juga pelatihan untuk mengimplementasikan pemodelan matematika di kelas, untuk masing-masing tingkat pendidikan untuk membentuk guru dengan kemampuan pengetahuan teori yang cukup dan praktis.

Disarankan untuk kelas pemula dalam implementasi pemodelan matematika, guru mengawali dengan *scaffolding* terlebih dahulu terkait pengalaman awal dengan pertanyaan penting dan diskusi kelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memfasilitasi dan membantu proses penelitian *literature review* dari awal hingga akhir, pada artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ang, K. C. (2012). Mathematical modelling as a learning experience in the classroom. *Electronic Proceedings of the 17th Asian Technology Conference in Mathematics*. Bangkok: Thailand.
- Arseven, A. (2015). Mathematical Modelling Approach in Mathematics Education. *Universal Journal of Education Research*, 3(12), 973–980.
- Bassanezi, R. C. (1994). Modelling as a teaching-learning strategy. *For the Learning of Mathematics*, 14(2), 31-35.
- Bliss, K., Libertini, J., Levy, R., Zbiek, R. M., Galluzo, B., Long, M., Teague, D., Godbold, L., Malkevitch, J., Kooij, H. V. D., Giardano, F., Fowler, K., Pollack, H., Gould, H., Montgomery, M., Garfunkel, S. (2016). *GAIMME: Guidelines for Assessment & Instruction in Mathematical Modelling Education*. United State America: COMAP & SIAM.
- Blum, W., Alsina, C., Biembengut, M. S., Bouleau, N., Confrey, J., Galbraith, P.,

- Ikeda, T., Lingefjärd, T., Muller, E., Niss, M., Verschaffel, L., Wang, S., Hodgson, B. R., & Henn, H. W. (2002). ICMI Study 14: Application and modelling in mathematics education - discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51(2), 149 - 171.
- Crouch, R., & Haines, C. (2004). Mathematical modelling: transitions between the real world and the mathematical model. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 35(2), 187-206. ISSN 0020-739X, retrieved 2 Maret 2017, from <http://www.tandf.co.uk/journals> <http://doi.org/10.1080/00207390310001638322>.
- Ee, D. N. K., & Hoe, L. N. (2012). *Mathematical Modelling: A Collection of Classroom Tasks*. Singapore: Alston.
- English, L. D., & Watters, J. J. (2004). Mathematical modelling with young children. In J. M. Hoines & B. A. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th International PME Conference*. Bergen, Norway: Bergen University College.
- Ferri, R. B. (2018). *Learning How to Teach Mathematical Modeling in School and Teacher Education*. Kassel: Springer International Publishing.
- Frejd, P., & Bergsten, C. (2018). Professional Modellers' Conceptions of the Notion of Mathematical Modelling : Ideas for Education. *ZDM*, 50(1), 117–127. <http://doi.org/10.1007/s11858-018-0928-2>.
- Gould, H. (2013). Teachers' conceptions of mathematical modeling. *Unpublish Doctoral Dissertation*. New York: Columbia University.
- Greer, B. (1997). Modeling reality in mathematics education: the case of word problem. *Learning and Instruction*, 7(4), 293-298.
- Hirsch, C. R., McDuffie, A. R. (2016). *Mathematical Modeling and Modeling Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Hunt, J. (2007). Communicating big themes in applied mathematics. In: Haines, C., Galbraith, P., Blum, W., & Khan, S. (Eds). *Mathematical modelling (ICTMA 12): Education, engineering and economics: Proceedings from the Twelfth International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications*. Chichester: Horwood.
- Knott, A. (2014). The Process of Mathematisation in Mathematical Modelling of Number Patterns in Secondary School Mathematics. *Unpublish Doctoral Dissertation*: Stellenbosch University.
- Krutikhina, M. V., et. al. (2018). Teaching of Mathematical Modeling Elements in the Mathematics Course of the Secondary School. *EURASIA Journal of*

Mathematics, Science and Technology Education, 14(4), 1305–1315.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). *Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Lesh, R. (2012). Research on models & modeling and implications for common core state curriculum standards. In: Mayes, R., Hatfield, L., & Belbase, S. (Eds.), *WISDOM^e Monograph: Quantitative reasoning and mathematical modeling: A driver for STEM integrated education and teaching in context*. Laramie, WY: University of Wyoming.

Maaß, J., O'Meara, N., Johnson, P., & O'Donoghue, J. (2018). *Mathematical Modelling for Teacher: A Practical Guide to Applicable Mathematics Education*. Switzerland: Springer.

Maaß, K., & Gurlitt, J. (2009). Designing Teacher Questionnaire to Evaluate Professional Development in Modelling. *Proceeding CERME*. Freiburg: University of Education Freiburg.

Maaß, K. (2010). Classification Scheme for Modelling Tasks. *J Math Didakt*, 31(1), 285-311. <http://doi.org/10.1007/s13138-010-0010-2>.

Manouchehri, A., Yao, X., & Saglam, Y. (2018). *Nurturing Knowledge of Mathematical Modeling for Teaching*. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-91059-8_12.

Meyer, H. (2006). Standards of good instruction. *University of Gifu Bulletin*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Mukhopadhyay, S., & Greer, B. (2001). Modeling with purpose: Mathematics as a critical tool. In: Atweh, W., Forgaz, H., & Nebres, B. (Eds). *Sociocultural research on mathematics education: An international perspective Mahwah*. NJ: Lawrence Erlbaum.

Özdemir, E and Üzel, D. (2012). Student Opinions On Teaching Based On Mathematical Modelling. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 55: 1207-1214.

Pollack, H. O., Gould, H., Murray, D. R., & Sanfratello, A. (2012). *Mathematical Modeling Handbook*. Columbia: COMAP.

Schmidt, B. (2012). *Modelling in Mathematics Classrooms. Motives and Obstacles from the Teachers' Perspective*. Hildesheim: Franzbecker.

Spandaw, J., & Zwaneveld, B. (2010). Modelling in Mathematics' Teachers'

Professional Development. *Proceedings of CERME 6*. Lyon: France.

Swetz, F., & Hartzler, J. S. (1991). *Mathematical Modelling in the Secondary School Curriculum*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.

Wang, H., & Li, S. (2018). Indicators , Models and Mathematical Modeling. *Introduction to Social Systems Engineering*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7040-2_6.

Winter, H. (2004). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: Henn, H. W., & Maaß, K. (Eds.), *ISTRON Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht, Band 8*. Hildesheim: Franzbecker.

Wittman, G., & Marxer, M. (2009). Normative Modellierungen. *Mathematik Lehren*, 153(1), 10-15.

Yanagimoto, T. (2005). Teaching modelling as an alternative approach to school mathematics. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 24(1), 1-13.