

## Pedagogical Content Knowledge dalam Pembelajaran Matematika: Studi Literature Review

Andini Dwi Rachmawati, Turmudi

Universitas Pendidikan Indonesia  
andinidwirachmawati@upi.edu

---

### Article History

received 14/10/2022

revised 6/12/2022

accepted 31/12/2022

---

### Abstract

*Although there has been research on knowledge of pedagogic topics, no one has yet synthesized their findings, especially those related to learning mathematics. This research is based on the development of pedagogical content knowledge in learning mathematics. The purpose of this research is to know the purpose of pedagogical content knowledge in learning mathematics through an analysis of previous research. This study uses a systematic literature review (SLR) research method with a survey descriptive approach through an analysis of 25 articles in the science direct and springer database over a period of 2012 - 2022. The results of the study illustrate that there are many benefits of pedagogical content knowledge in learning mathematics including measuring teacher understanding of a concept, developing cognitive processes and teacher self-efficacy, encouraging students to think and learn, describing teacher and student difficulties in understanding concepts, increasing understanding of mathematical concepts and student achievement. The benefits of pedagogical content knowledge are bigger than improving understanding of mathematical concepts and student achievement by 28%..*

**Keywords:** *pedagogical content knowledge, mathematic, systematic literature review*

### Abstrak

Meskipun telah ada penelitian tentang pengetahuan topik pedagogik, namun belum ada yang mensintesisakan temuannya, terutama yang terkait dengan pembelajaran matematika. Penelitian ini dilandasi oleh pengembangan *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika. Tujuan dari untuk mengetahui tujuan *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika melalui analisis penelitian sebelumnya. Penelitian ni menggunakan metode penelitian *systematic literature review* (SLR) dengan pendekatan dekriptif survei melalui analisis 25 artikel pada database science direct and springer dengan rentang waktu 2012-2022. Hasil penelitian menggambarkan ada banyak manfaat *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika diantaranya mengukur pemahaman guru terhadap suatu konsep, mengembangkan proses cognitive dan *self-efficacy* guru, mendorong siswa untuk berfikir dan belajar, mendeskripsikan kesulitan guru dan siswa dalam memahami konsep, meningkatkan pemahaman konsep matematika dan prestasi siswa. Manfaat dari *pedagogical content knowledge* lebuah besar terdapat aspek meningkatkan pemahaman konsep matematika dan prestasi siswa sebesar 28%

**Kata kunci:** *pedagogical content knowledge, matematika systematic literature review*

---



## PENDAHULUAN

Pada pembelajaran matematika, Loewenberg Ball et al., (2008) memperkenalkan istilah pengetahuan matematika untuk pembelajaran. Dimana pengetahuan itu juga akan mengarah pada CK (*content knowledge*) dan PCK (*pedagogical content knowledge*). Shulman (1986) mendefinisikan CK sebagai suatu cara untuk mempresentasikan pemahaman guru tentang materi pelajaran yang akan diajarkan. Konten matematika merupakan pengetahuan yang digunakan untuk membangun representasi, memberikan penjelasan, dan mengevaluasi metode pembelajaran matematika (Hill et al., 2005). Konseptualisasi CK dalam pembelajaran matematika dikelompokkan sesuai dengan karakteristik paling komprehensif untuk memahami matematika. Aspek pertama, pemahaman konseptual diinterpretasikan sebagai memahami arti aturan dan definisi matematika. Aspek kedua, penalaran matematis adalah kemampuan berpikir logis terkait interaksi yang terjadi antara konsep dan situasi. Aspek terakhir, memecahkan masalah soal cerita, dimana menuntut seseorang menafsirkan suatu pernyataan kedalam ekspresi matematika (Copur-Gencturk & Doleck, 2021; Kilpatrick et al., 2015; Strauss et al., 2012).

Sedangkan PCK merupakan pengetahuan yang diperlukan dalam merancang suatu pembelajaran. PCK tidak hanya bergantung pada komponen apa yang diperlukan untuk suatu topik saja, tetapi juga mengarah pada bagaimana dan sejauh mana beberapa aspek itu saling berinteraksi satu sama lainnya (Abell, 2008; Magnusson et al., 2006). Definsi lain tentang PCK adalah suatu cara untuk mencampur dan mengintegrasikan beberapa pengetahuan guna melatarbelakangi keputusan guru dalam kegiatan mengajar. PCK mengharuskan guru menggunakan basis pengetahuan berbeda dalam membantu siswa belajar (Park & Chen, 2012). PCK akan mempermudah guru dalam mengidentifikasi cara mempraktikkan ilmu pengetahuan (Carlson & Daehler, 2019).

CK dan PCK dapat digunakan sebagai indikator penting dalam menentukan kualitas pengajaran dan pembelajaran. Depaepe et al., (2013) beberapa hal yang mendasari bahwa CK dan PCK tidak dapat dipisahkan (1) tidak dapat diartikan sebagai kumpulan pengetahuan guru yang terpisah; (2) tidak dapat dibatasi hanya sekedar pada pengetahuan berkaitan dengan strategi dan representasi pembelajaran, melainkan mencakup tentang pengetahuan, kurikulum, keyakinan, dan emosional guru. Agar guru dapat mengikuti perkembangan kebijakan dan memenuhi beragam kebutuhan siswa, hendaknya guru memperkuat kemampuan PCK nya (Darling-Hammond et al., 2020).

Terdapat beberapa penelitian telah mengkaji peran PCK pada pembelajaran matematika. PCK memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar siswa. Baumert et al., (2010) menyatakan bahwa PCK merupakan kunci dari kualitas suatu pembelajaran. Pemahaman dan persiapan yang baik terhadap suatu materi ajar dapat ditunjang oleh PCK yang baik pula. Dua hal itu nantinya akan membantu guru untuk memfokuskan diri pada kemampuan PCK akan membantu untuk merencanakan siklus pembelajaran. Kendatipun, fase interaktif dalam pembelajaran berkaitan dengan pengalaman belajar siswa (Chan & Hume, 2019). Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh bahwa PCK guru yang lebih baik dapat mempermudah dalam mengidentifikasi kesalahpahaman siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Seperti itulah cara guru untuk meningkatkan hasil belajar siswa (Sadler et al., 2013).

Lembaga pendidikan tinggi di beberapa negara belum mengimplementasikan *pedagogical content knowledge* dalam model pengajaran terpadu (Chai et al., 2010). Alasannya karena banyak mahasiswa calon guru bahwa PCK memiliki peran penting dalam pembelajaran matematika. Akibatnya, penelitian terkait *pedagogical content knowledge* masih harus diperiksa, dirangkum, dan disintesis. Agar dapat menawarkan wacana terkait *pedagogical content knowledge* dan penerapannya dalam pembelajaran matematika.

Teknik penelitian yang dikenal sebagai tinjauan literatur sistematis (SLR) digunakan untuk menggabungkan temuan investigasi sebelumnya. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tujuan PCK dalam pembelajaran matematika. Adapun peneliti yang telah melakukan SLR *pedagogical content knowledge* yaitu Irwanto (2021); Paidican & Arredondo (2022); Safitri & Aziz (2007); Voogt et al., (2013). Dampak *pedagogical content knowledge* pada pembelajaran matematika untuk belum menjadi topik penting studi SLR. Sehingga, penelitian SLR tentang *pedagogical content knowledge* pada pembelajaran matematika diperlu dilakukan.

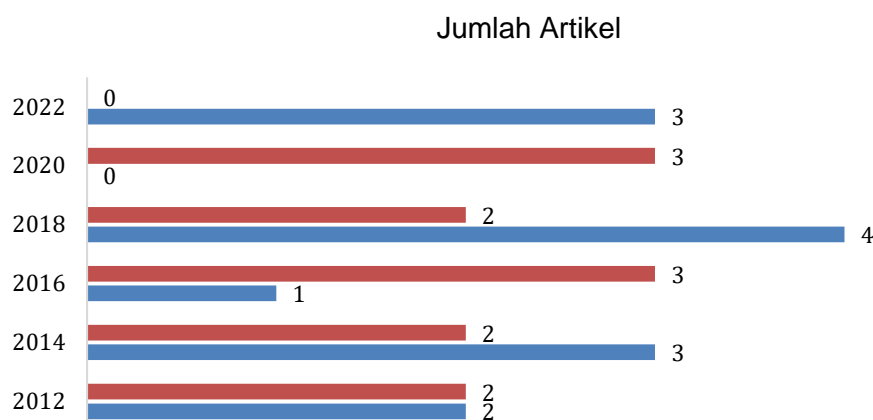
### METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah *systematic literature review* (SLR) dengan pendekatan survei. Sampel dari penelitian ini adalah jurnal penelitian dari database ScienceDirect dan springer tentang *pedagogical content knowledge* bagi mahasiswa calon guru dalam pembelajaran matematika. Artikel yang dipilih merupakan artikel dengan tahun publikasi 2012-2022 dengan jumlah 25 artikel. Kata kunci dalam mencari artikel adalah “*Pedagogical content knowledge*” dan “matematika”. Tahapan awal dari penelitian ini adalah mengumpulkan artikel tentang peran *Pedagogical content knowledge* bagi mahasiswa calon guru dalam matematika”. Instrumen penelitian berupa lembar observasi yang berkaitan dengan kriteria bergantung judul, tahun, nama jurnal, topik, konteks, konten dan kemampuan matematika

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis 25 jurnal yang berkaitan dengan peran *pedagogical content knowledge* bagi mahasiswa calon guru dalam pembelajaran matematika. Langkah pertama adalah menemukan artikel terkait *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika. Saat mencari artikel peneliti menggunakan kata kunci *pedagogical content knowledge* dan matematika. Dari kata kunci tersebut menghasilkan 25 judul. Judul – judul yang terpilih berasal dari 7 jurnal yaitu *educational studies in mathematics, international journal of science and mathematics education, journal of mathematics teacher education, mathematics education research journal, procedia - social and behavioral sciences, studies in education, teaching and teacher education, zdm mathematics education*.

Langkah selanjutnya, peneliti mengelompokkan artikel sesuai dengan tahun terbit. Berikut klasifikasi artikel sesuai dengan tahun terbit.

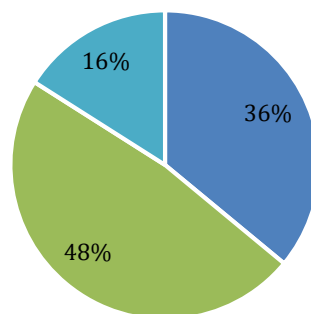


Gambar 1. Pengkatagorian Berdasarkan Tahun

Gambar 1. di atas mengisyaratkan bahwa presentase tertinggi jurnal terkait dengan *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika adalah di tahun 2018. Berdasarkan analisis para peneliti dalam jurnal bahwa *pedagogical content knowledge* memiliki peran penting dalam menjelaskan materi beberapa cabang ilmu matematika seperti analisis riil, statistika, geometri, aljabar, aljabar abstrak, kalkulus. Peneliti juga mengkatagorikan artikel berdasarkan metodologi penelitian. Hasil pengkatagorian ditunjukkan pada gambar berikut ini

### Metode Penelitian

■ Kuantitatif ■ Kualitatif ■ Campuran



Gambar 2. Pengkatagorian Berdasarkan Metode Penelitian

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa Sebagian besar penelitian berkaitan dengan *pedagogical content knowledge* dalam matematika adalah penelitian dengan metode kualitatif. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian yang berkaitan dengan *pedagogical content knowledge* dilakukan untuk mengeksplorasi makna dan peran *pedagogical content knowledge* dalam beberapa cabang ilmu matematika. Sejalan dengan Creswell & Creswell (2018) bahwa penelitian kualitatif sebagai pendekatan untuk mengeksplorasi dan memahami makna suatu masalah sosial.

Selanjutnya, peneliti mengklasifikasi jurnal berdasarkan efektivitas peran *pedagogical content knowledge* dalam mengajar matematika. Peneliti menganalisis 25 jurnal untuk merumuskan manfaat dari *pedagogical content knowledge* dalam mengajar matematika. Hasil analisis pada tabel 1 berikut ini :

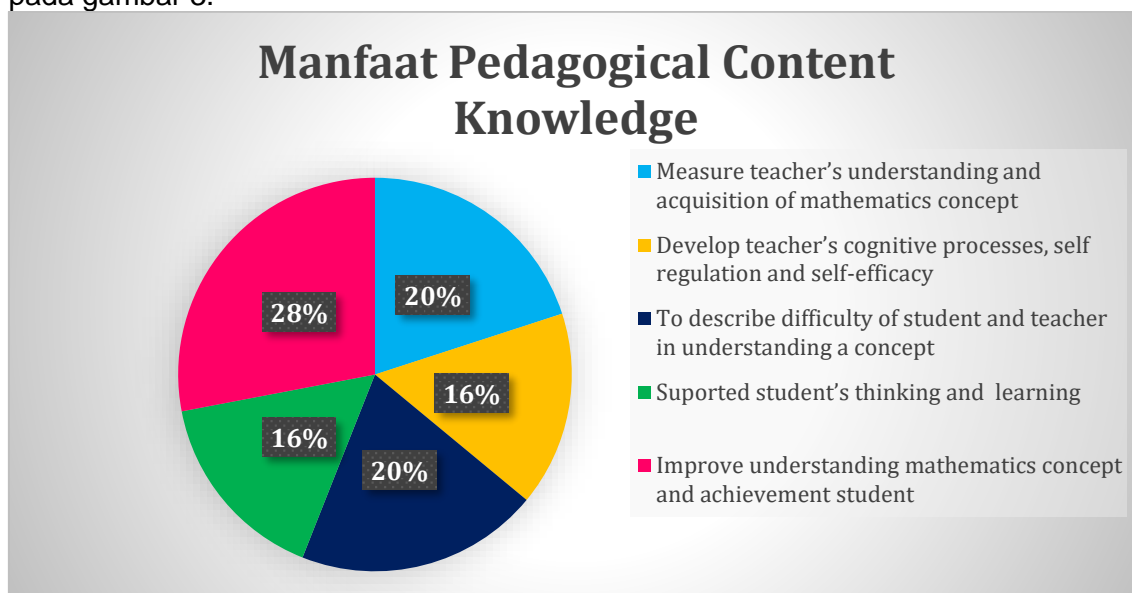
Tabel 1. Hasil analisis manfaat pedagogical content knowledge pada pengajaran matematika

No.	Benefit	Reference
1.	<i>Measure teacher's understanding and acquisition of mathematics concept</i>	(Buchholtz, 2017); (Depaepe et al., 2015); (Kleickmann et al., 2015); (Prescott et al., 2013); (Rieu et al., 2022)
2.	<i>Develop teacher's cognitive processes, self regulation and self-efficacy</i>	(Appova & Taylor, 2019); (Criu & Marian, 2014); (Firestone et al., 2021); (Meschede et al., 2017)
3.	<i>To describe difficulty of student and teacher in understanding a concept</i>	(Depaepe et al., 2018); (Gao et al., 2021); (Gvozdic & Sander, 2018); (Ibrahim et al., 2012); (Norton, 2019)

No.	Benefit	Reference
4.	<i>Supported student's thinking and learning</i>	(Amador et al., 2022); (Deng, 2018); (Getenet & Callingham, 2021); (Lemonidis et al., 2018);
5.	<i>Improve Understanding mathematics concept and Achievement student</i>	(Callingham et al., 2016); (Copur-Gencturk & Tolar, 2022); (Imre & Akkoç, 2012); (Lee & See, 2014); (Lannin et al., 2013);(Subramaniam, 2014); (Suh & Park, 2017)

Tabel di atas menggambarkan berbagai manfaat pengimplementasian *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika. Lebih dari itu, peneliti menekankan bahwa *pedagogical content knowledge* memiliki banyak tujuan dalam pengajaran matematika seperti mengukur pemahaman guru terhadap suatu konsep, mengembangkan proses cognitive dan *self-efficacy* guru, mendorong siswa untuk berfikir dan belajar, mendeskripsikan kesulitan guru dan siswa dalam memahami konsep, meningkatkan pemahaman konsep matematika dan prestasi siswa.

Berdasarkan paparan ini, peneliti melakukan analisis kualitatif tentang manfaat *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika. Tujuan peneliti melakukan analisis ini adalah untuk menentukan manfaat mana yang memiliki peran paling signifikan pada proses pembelajaran matematika. Hasilnya akan digambar kan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengkatagorian Berdasarkan Manfaat Penelitian

Gambar 3 menjelaskan bahwa *pedagogical content knowledge* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep matematika dan prestasi siswa. Dari hasil analisis, *pedagogical content knowledge* dapat mengukur pemahaman guru terhadap suatu konsep. Sejalan dengan Shulman, (1986b) bahwa *pedagogical content knowledge* merupakan kunci untuk memahami konsep matematika. *Pedagogical content knowledge* memiliki peran dalam meningkatkan dan mengubah pemahaman matematika guru (Ball, 1990). Agar tujuan tersebut dapat berjalan dengan baik, perlu adanya kerangka kerja (Rowland, 2013). Penyusunan kerangka kerja akan berguna untuk mengeksplorasi sifat guru tatkala proses pembelajaran. Melalui proses itu nantinya dapat membinkai kualitas konten matematika siswa yang sedang dipelajari. Dengan

kata lain, *pedagogical content knowledge* merupakan suatu dasar untuk menciptakan pembelajaran matematika yang lebih efektif (Loewenberg Ball et al., 2008).

Siswa yang menunjukkan keaktifannya saat kegiatan belajar mengajar adalah siswa yang yakin dengan pemahamannya. Hal ini dapat digunakan oleh guru dalam menangkap apabila terjadi kesalahan pada siswa. Kemudian dengan kemampuan yang dimilikinya, guru dapat segera mengatasi hal itu. Cara lainnya adalah dengan mengamati perkembangan kognitif siswa (Ponte & Brunheira, 2001). Proses pengamatan tersebut dilakukan ketika siswa menyelesaikan suatu permasalahan (Abell, 2014; Aydin & Boz, 2013). Untuk itu guru harus memiliki karakter khusus saat mengajar (Copur-Gencturk et al., 2019; Döhrmann et al., 2014). Sehingga *pedagogical content knowledge* dapat digunakan sebagai tolak ukur pemahaman konsep seorang pendidik..

Analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *pedagogical content knowledge* mampu mengembangkan proses kognitif, *self reflection and self-efficacy*. Perkembangan proses kognitif guru dapat terjadi dengan bantuan pelatihan. Pelatihan tersebut mengarah pada pengembangan profesional berkualitas (Baumert et al., 2010). Efektivitas program profesional sangat bergantung pada rangkaian kegiatan yang telah dirancang (Qian & Youngs, 2016). Rangkaian pelatihan profesional berkualitas terdiri atas (1) penambahan waktu interaksi dengan sesama pengajar; (2) adanya partisipasi guru dari sekolah atau mata pelajaran yang sama; (3) memiliki kesempatan untuk lebih aktif berdiskusi; (4) memfokuskan pada materi pelajaran tertentu (Desimone et al., 2006).

Dengan melakukan refleksi diri, guru dapat mengkoneksikan setiap komponen *pedagogical content knowledge* (Park & Chen, 2012). Refleksi diri dapat dilakukan dengan bantuan video pembelajaran (Harford & MacRuairc, 2008). Tujuan dari refleksi diri adalah untuk memahami karakteristik siswanya yang mengalami kesalahan konsep saat memahami suatu materi (Vamvakoussi et al., 2012). Refleksi diri juga dapat digunakan sebagai sarana dalam meningkatkan kualitas mengajar guru (Freese, 2006). Sejatinya, *pedagogical content knowledge* berasal dari gabungan pedagogi dan konten. Hal itulah yang mendasari perbedaan guru dengan orang yang tahu (Fernández-Balboa & Stiehl, 1995). Suatu cara yang digunakan untuk menggabungkan pedagogi dan konten lantaran diskusi kelompok. Diskusi kelompok dapat mempermudah guru dalam memperkenalkan perasaan dan komitmen.

Senada dengan Shulman (1984) bahwa musyawarah dan pengambilan keputusan pada sebuah diskusi dapat mengembangkan *self-efficacy* guru. Pengambilan keputusan nantinya membicarakan tentang cara mengajar. Cara mengajar setiap individu akan bersumber pada kemampuan *pedagogical content knowledge*. *Self-efficacy* yang dapat berkembang dengan baik, akan membantu guru menjadi lebih kooperatif (Wang et al., 2015). Suasana belajar yang demikian juga dapat merangsang guru dalam memberikan bimbingan akademik. Pengembangan kecerdasan *self-efficacy* dapat dijadikan sebagai landasan guru mendaftar konsep mana saja yang mudah atau sulit untuk dipahami (Graeber, 1999). Hal ini memungkinkan guru untuk menunjukkan model dan pra-konsep yang akan dibangun siswa sesuai dengan berbagai macam latar belakang tingkat kognitif siswa.

Analisis selanjutnya menyatakan bahwa *pedagogical content knowledge* mampu mendeskripsikan kesulitan guru dan siswa dalam memahami suatu konsep. *Pedagogical content knowledge* dapat membangun kepekaan guru ketika mengajar. Kepekaan inilah menjadi alasan guru mengetahui siswanya kesulitan memahami konsep matematika yang diajarkan. Penyebab ketidakpekaan guru terhadap kesulitan siswa adalah kurangnya variasi pedagogis dalam menyampaikan suatu materi. Terlebih, sebagian besar guru kurang peka terhadap pemahaman siswa akan aspek – aspek dan cara siswa memandang matematika secara umum (Ball & Bass, 2000).

Analisis lainnya menyatakan bahwa *pedagogical content knowledge* mampu mendukung proses berpikir dan belajar siswa. *Pedagogical content knowledge* dapat membantu guru dalam memilih metode pembelajaran (Abell et al., 2009). Pemilihan metode pembelajaran tentunya disesuaikan dengan karakter siswa yang berbeda – beda. *Pedagogical content knowledge* yang baik, akan mempermudah guru dalam memberikan suatu permasalahan (Csikos & Sztányi, 2020). Dengan begitu, kemampuan siswa dalam berpikir. Masalah yang diberikan kepada siswa tentunya masalah yang bervariasi. Tak hanya bervariasi, masalah tersebut hendaknya mengarah pada permasalahan kehidupan sehari – hari.

Analisis yang terakhir menyatakan *pedagogical content knowledge* mampu meningkatkan pemahaman dan prestasi siswa. Bahasa yang digunakan kala menjelaskan suatu materi merupakan faktor terpenting dalam peningkatan pemaham matematika siswa (Riccomini et al., 2015). Ketepatan pemilihan bahasa akan mempengaruhi siswa dalam memahami setiap terminology yang ada pada pelajaran matematika. Memanipulatif materi ajar dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa. Sebagai contoh ketika menjelaskan konsep pecahan guru dapat memanipulatif melalui penambahan berulang dan tabel (Tobias, 2013). Shing (2015) menyatakan bahwa guru yang mampu mengeksplorasi kemampuan *pedagogical content knowledge* dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan. Hal itu dapat dikatakan sebagai faktor pendukung untuk meningkatkan prestasi belajar (Jacobs et al., 2010; Scheiner, 2020). Lebih dari itu pengetahuan guru juga memiliki peran penting dalam peningkatan prestasi siswa. Bilingsley & Bettini (2019) menyatakan bahwa pengetahuan guru merupakan penentu kualitas pembelajaran yang mempengaruhi prestasi siswa.

### SIMPULAN

Pengimplementasian *pedagogical content knowledge* dalam pembelajaran matematika memiliki tujuan yang beragam, antara mengukur pemahaman guru terhadap suatu konsep, mengembangkan proses cognitive dan *self-efficacy* guru, mendorong siswa untuk berfikir dan belajar, mendeskripsikan kesulitan guru dan siswa dalam memahami konsep, meningkatkan pemahaman dan prestasi siswa. Manfaat yang signifikan terlihat pada aspek terhadap peningkatan pemahaman konsep matematika dan prestasi siswa. Hal itu ditunjukkan adanya jumlah jurnal yang mencapai 28%. Sesuai dari hasil temuan peneliti, masih banyak variabel penelitian berkaitan dengan *pedagogical content knowledge* yang belum dikaji lebih mendalam. Oleh sebab itu, disarankan untuk melakukan penelitian dari sudut pandang untuk menggambarkan tujuan dari *pedagogical content knowledge* secara menyeluruh.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.
- Abell, S. K. (2014). *Handbook of Research Methodology* (N. Lederman & S. K. Abell (eds.); II). Routledge.
- Abell, S. K., Rogers, M. A. P., Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Gagnon, M. J. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77–93.
- Amador, J. M., Park, M. A., Hudson, R., Phillips, A., Carter, I., Galindo, E., & Akerson, V. L. (2022). Novice teachers' pedagogical content knowledge for planning and implementing mathematics and science lessons. *Teaching and Teacher Education*, 115, 103736.
- Appova, A., & Taylor, C. E. (2019). Expert mathematics teacher educators' purposes and practices for providing prospective teachers with opportunities to develop

- pedagogical content knowledge in content courses. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 22(2), 179–204.
- Aydin, S., & Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 615–624.
- Ball, D. L. (1990). The Mathematical Understandings That Prospective Teachers Bring to Teacher Education. *The Elementary School Journal*, 90(4), 449–466.
- Ball, D. L., & Bass, H. (2000). Interweaving Content and Pedagogy in Teaching and Learning to Teach: Knowing and Using Mathematics. In J. Boaler (Ed.), *Multiple Perspectives on Mathematics Teaching and Learning Edited by Jo Boaler International Perspectives on Mathematics Education* (p. 289). Ablex.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Bilingsley, B., & Bettini, E. (2019). Improving special education teacher quality and effectiveness. In *Handbook of special education* (2nd ed.).
- Buchholtz, N. F. (2017). The acquisition of mathematics pedagogical content knowledge in university mathematics education courses: results of a mixed methods study on the effectiveness of teacher education in Germany. *ZDM - Mathematics Education*, 49(2), 249–264. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0849-5>
- Callingham, R., Carmichael, C., & Watson, J. M. (2016). Explaining Student Achievement: the Influence of Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Statistics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(7), 1339–1357. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9653-2>
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 1–329). Springer Singapore.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *Educational Technology and Society*, 13(4), 63–73.
- Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. In R. C. Hume & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (Vol. 45, Issue 45, pp. 95–98).
- Copur-Gencturk, Y., & Doleck, T. (2021). Strategic competence for multistep fraction word problems: an overlooked aspect of mathematical knowledge for teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 107(1), 49–70.
- Copur-Gencturk, Y., & Tolar, T. (2022). Mathematics teaching expertise: A study of the dimensionality of content knowledge, pedagogical content knowledge, and content-specific noticing skills. *Teaching and Teacher Education*, 114, 103696.
- Copur-Gencturk, Y., Tolar, T., Jacobson, E., & Fan, W. (2019). An Empirical Study of the Dimensionality of the Mathematical Knowledge for Teaching Construct. *Journal of Teacher Education*, 70(5), 485–497.
- Creswell, W. J., & Creswell, J. D. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Fifth, Vol. 53, Issue 9).
- Criu, R., & Marian, A. (2014). The Influence of Students' Perception of Pedagogical Content Knowledge on Self-efficacy in Self-regulating Learning in Training of Future Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 673–678.



- Csikos, C., & Sztányi, J. (2020). Teachers' pedagogical content knowledge in teaching word problem solving strategies. *ZDM - Mathematics Education*, 52(1), 165–178.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140.
- Deng, Z. (2018). Pedagogical content knowledge reconceived: Bringing curriculum thinking into the conversation on teachers' content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 72, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.11.021>
- Depaepe, F., Torbeyns, J., Vermeersch, N., Janssens, D., Janssen, R., Kelchtermans, G., Verschaffel, L., & Van Dooren, W. (2015). Teachers' content and pedagogical content knowledge on rational numbers: A comparison of prospective elementary and lower secondary school teachers. *Teaching and Teacher Education*, 47, 82–92.
- Depaepe, F., Van Roy, P., Torbeyns, J., Kleickmann, T., Van Dooren, W., & Verschaffel, L. (2018). Stimulating pre-service teachers' content and pedagogical content knowledge on rational numbers. *Educational Studies in Mathematics*, 99(2), 197–216. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9822-7>
- Depaepe, F., Verschaffel, L., & Kelchtermans, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education*, 34, 12–25.
- Desimone, L. M., Smith, T. M., & Ueno, K. (2006). Are teachers who need sustained, content-focused professional development getting it? An administrator's dilemma. *Educational Administration Quarterly*, 42(2), 179–215.
- Döhrmann, M., Kaiser, G., & Blömeke, S. (2014). *The Conceptualisation of Mathematics Competencies in the International Teacher Education Study TEDS-M*. Springer.
- Fernández-Balboa, J. M., & Stiehl, J. (1995). The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education*, 11(3), 293–306.
- Firestone, A. R., Aramburo, C. M., & Cruz, R. A. (2021). Special educators' knowledge of high-leverage practices: Construction of a pedagogical content knowledge measure. *Studies in Educational Evaluation*, 70(July 2020).
- Freese, A. R. (2006). Reframing one's teaching: Discovering our teacher selves through reflection and inquiry. *Teaching and Teacher Education*, 22(1), 100–119.
- Gao, S., Damico, N., & Gelfuso, A. (2021). Mapping and reflecting on integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching natural selection: A case study of an experienced middle-school science teacher. *Teaching and Teacher Education*, 107, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103473>
- Getenet, S., & Callingham, R. (2021). Teaching interrelated concepts of fraction for understanding and teacher's pedagogical content knowledge. *Mathematics Education Research Journal*, 33(2), 201–221.
- Graeber, A. O. (1999). Forms of knowing mathematics: What preservice teachers should learn. *Educational Studies in Mathematics*, 38(1–3), 189–208.
- Gvozdic, K., & Sander, E. (2018). When intuitive conceptions overshadow pedagogical content knowledge: Teachers' conceptions of students' arithmetic word problem solving strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 98(2), 157–175.
- Harford, J., & MacRuairc, G. (2008). Engaging student teachers in meaningful reflective practice. *Teaching and Teacher Education*, 24(7), 1884–1892.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of Teacher's Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406.
- Ibrahim, N. H., Surif, J., Arshad, M. Y., & Mokhtar, M. (2012). Self Reflection Focusing

- on Pedagogical Content Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56(1cthe), 474–482.
- Imre, S. Y., & Akkoç, H. (2012). Investigating the development of prospective mathematics teachers' pedagogical content knowledge of generalising number patterns through school practicum. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 15(3), 207–226.
- Irwanto, I. (2021). Research Trends in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A Systematic Literature Review from 2010 to 2021. *European Journal of Educational Research*, 11(1), 69–81.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C., & Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 169–202.
- Kilpatrick, J., Blume, G., Heid, M. K., Wilson, J., Wilson, P., & Zbiek, R. M. (2015). Mathematical Understanding for Secondary Teaching: A Framework. In M. K. Heid & P. S. Wilson (Eds.), *Mathematical Understanding for Secondary Teaching: A Framework and Classroom-Based Situations*. Information Age Publishing.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., Cheo, M., & Baumert, J. (2015). Content knowledge and pedagogical content knowledge in Taiwanese and German mathematics teachers. *Teaching and Teacher Education*, 46, 115–126.
- Lannin, J. K., Webb, M., Chval, K., Arbaugh, F., Hicks, S., Taylor, C., & Bruton, R. (2013). The development of beginning mathematics teacher pedagogical content knowledge. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(6), 403–426.
- Lee, N., & See, M. (2014). Mentoring and Developing Pedagogical Content Knowledge in Beginning Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 123, 53–62.
- Lemonidis, C., Tsakiridou, H., & Meliopolou, I. (2018). In-Service Teachers' Content and Pedagogical Content Knowledge in Mental Calculations with Rational Numbers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1127–1145.
- Loewenberg Ball, D., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (2006). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95–132). Kluwer Academic.
- Norton, S. (2019). The relationship between mathematical content knowledge and mathematical pedagogical content knowledge of prospective primary teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 22(5), 489–514.
- Paidican, M. A., & Arredondo, P. A. (2022). The Technological-Pedagogical Knowledge for In-Service Teachers in Primary Education: A Systematic Literature Review. *Contemporary Educational Technology*, 14(3), 1–15. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11813>
- Park, S., & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.
- Ponte, J. P. da, & Brunheira, L. (2001). Analysing Practice in Preservice Mathematics Teacher Education. *Mathematics Education Research Journal*, 3, 16–27.
- Prescott, A., Bausch, I., & Bruder, R. (2013). TELPS: A method for analysing mathematics pre-service teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 35, 43–50.
- Qian, H., & Youngs, P. (2016). The effect of teacher education programs on future elementary mathematics teachers' knowledge: a five-country analysis using

- TEDS-M data. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19(4), 371–396.
- Riccomini, P. J., Smith, G. W., Hughes, E. M., & Fries, K. M. (2015). The Language of Mathematics: The Importance of Teaching and Learning Mathematical Vocabulary. *Reading and Writing Quarterly*, 31(3), 235–252.
- Rieu, A., Leuders, T., & Loibl, K. (2022). Teachers' diagnostic judgments on tasks as information processing – The role of pedagogical content knowledge for task diagnosis. *Teaching and Teacher Education*, 111, 103621.
- Rowland, T. (2013). The Knowledge Quartet: The Genesis and Application of a Framework for Analysing Mathematics Teaching and Deepening Teachers' Mathematics Knowledge. *Sisyphus - Journal of Education*, 1(3), 15–43.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N., & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1020–1049.
- Safitri, M., & Aziz, M. R. (2007). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) On Mathematics Learning: A Literature Study. *International Conference on Education Innovation and Social Science (ICEISS)*, 62–69.
- Scheiner, T. (2020). Towards a more comprehensive model of teacher noticing. *ZDM - Mathematics Education*, 1(0123456789).
- Shing, C. L., Saat, R. M., & Loke, S. H. (2015). The knowledge of Teaching- Pedagogical Content Knowledge (PCK). *MOJES: The Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 3(3), 40–55.
- Shulman, L. S. (1984). The Practical and the Eclectic: A Deliberation on Teaching and Educational Research. *Curriculum Inquiry*, 14(2), 183–200.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand Knowledge. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Strauss, S., Ziv, M., & Stein, A. (2012). Teaching as a natural cognition and its relations to preschoolers' developing theory of mind. *Cognitive Development*, 17(3–4), 1473–1487.
- Subramaniam, K. (2014). Prospective secondary mathematics teachers' pedagogical knowledge for teaching the estimation of length measurements. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 17(2), 177–198.
- Suh, J. K., & Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, 64, 246–259.
- Tobias, J. M. (2013). Prospective elementary teachers' development of fraction language for defining the whole. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(2), 85–103.
- Vamvakoussi, X., Van Dooren, W., & Verschaffel, L. (2012). Naturally biased? In search for reaction time evidence for a natural number bias in adults. *Journal of Mathematical Behavior*, 31(3), 344–355.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge - A review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Wang, Y. L., Tsai, C. C., & Wei, S. H. (2015). The Sources of Science Teaching Self-efficacy among Elementary School Teachers: A mediational model approach. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2264–2283.