

Muhammad Nasir | Cari
Widha Sunarno | Fitria Rahmawati



MODEL PEMBELAJARAN GISTEM

Guided Inquiry , Science, Technology,
Engineering, and Mathematics



MODEL PEMBELAJARAN GISTEM
*Guided Inquiry Science, Technology, Engineering, And
Mathematics*

Dalam Pembelajaran Fisika

Muhammad Nasir
Cari
Widha Sunarno
Fitria Rahmawati



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

MODEL PEMBELAJARAN GISTEM
Guided Inquiry Science, Technology, Engineering, And
Mathematics

Dalam Pembelajaran Fisika

Penulis:

Muhammad Nasir

Cari

Widha Sunarno

Fitria Rahmawati

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Tahta Media

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

viii, 148, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-8070-67-1

Cetakan Pertama:

Januari 2023

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2023 by Tahta Media Group

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah mencurahkan segala karuniaNya, sehingga penyusunan buku model pembelajaran GISTEM bisa terselesaikan. Model pembelajaran GISTEM direkonstruksi dari model pembelajaran *Guided Inquiry Design* (GID) dan *Process-Oriented Guided-Inquiry Activities* (POGIA) yang menghasilkan sintak orientasi, eksplorasi, menalar, mencipta, dan mengkomunikasikan (OEM3). Sintak hasil sintesis dipadukan dengan pendekatan STEM.

Penyusunan buku model pembelajaran GISTEM telah dianalisis melalui kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan lima pakar model pembelajaran. Setelah itu dilakukan validasi isi yang melibatkan delapan panelis untuk menilai kelayakan buku ini untuk diterapkan dalam pembelajaran. Oleh karena itu, disampaikan ucapan terima kasih kepada Tim FGD dan Tim Validator yang telah memberikan saran perbaikan yang konstruktif terhadap model pembelajaran GISTEM sehingga layak untuk diterapkan dalam pembelajaran.

Penulis menyadari dalam penyusunan buku ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari pihak pembaca sebagai acuan perbaikan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran fisika.

Surakarta, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar	viii
Bab I Pendahuluan	
A. Latar Belakang	1
B. Manfaat Model Pembelajaran GISTEM	5
Bab II Kajian Pembelajaran Fisika	
A. Kajian Ontologi.....	7
B. Kajian Epistemologi.....	13
C. Kajian Aksiologi	17
D. Psikologi Pembelajaran Fisika	19
E. Pembelajaran Fisika	26
Bab III Kajian Materi Pembelajaran GISTEM	
A. Cahaya Berkonteskan Fiber Optik dan Metode Seismik Refraksi	32
B. Analisis Pemahaman Konsep Fisika	55
C. Strategi Perubahan Konsep Dalam Pembelajaran Fisika	61
Bab IV Kajian Teori Model Pembelajaran GISTEM	
A. Teori Belajar	66
B. Kajian Model Pembelajaran GISTEM.....	80
Bab V Model Pembelajaran GISTEM	
A. Konsep Model Pembelajaran GISTEM	95
B. Sintak Model Pembelajaran GISTEM	96
C. Sistem Sosial Model Pembelajaran GISTEM.....	109
D. Prinsip Reaksi Model Pembelajaran GISTEM	110
E. Sistem Pendukung Model Pembelajaran GISTEM.....	111
F. Dampak Instruksional dan Pengiring Model Pembelajaran GISTEM	111
G. Karakteristik Model Pembelajaran GISTEM.....	114
H. Efektivitas Model Pembelajaran GISTEM Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep.....	115
I. Efektivitas Model Pembelajaran GISTEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berargumentasi	118

J. Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran GISTEM.....	119
K. Contoh Lembar Kerja Mahasiswa Pada Model Pembelajaran GISTEM.....	121
Daftar Pustaka	139
Profil Penulis.....	148

DAFTAR TABEL

4.1. Tahapan Pembelajaran Bermakna	79
4.2. Sintak <i>Guided Inquiry Design</i>	82
4.3. Sintak Pembelajaran POGIA	83
4.4. Kegiatan dalam Proses EDP	91
5.1. Matriks Sintak GISTEM dan Pendekatan STEM.....	105
5.2. Langkah-Langkah Model Pembelajaran GISTEM.....	107

DAFTAR GAMBAR

3.1. Sinar Merambat ke Kanan	34
3.2. Sketsa Arah Sinar pada Pemantulan Teratur dan Pemantulan Baur ..35	
3.3. Sinar Datang, Sinar Pantulan, dan Garis Normal Terletak pada Bidang yang Sama	36
3.4. Konstruksi pemantulan Huygens	37
3.5. Pembiasan Sinar pada Medium Berbeda Indeks Bias	39
3.6. Konstruksi Pembiasan Huygens	40
3.7. Sinar Merambat dari Air Menuju Kaca Dengan Sudut Tegak Lurus Terhadap Bidang	42
3.8. Pembiasan Sinar dari Kaca Menuju Udara	44
3.9. Konstruksi Dasar Fiber Optik	46
3.10. Contoh Aplikasi Fiber Optik dalam Teknologi Endoskopi	48
3.11. Konstruksi Bundel Kabel Fiber Optik	48
3.12. Pemantulan dan Pembiasan pada Bidang Batas Dua Lapisan	50
3.13. Pembiasan Dengan Sudut Kritis pada Lapisan	52
4.1. Siklus DAMN	69
4.2. Kerangka Konseptual Integrasi STEM	77
4.3. Pendekatan Silo dalam STEM	88
4.5. Pendekatan STEM Tertanam.....	89
4.6. Pendekatan STEM Terintegrasi.....	90
4.6. Proses EDP	91
5.1. Sintak GISTEM.....	97
5.2. Hubung Kait Sintak Model Pembelajaran GISTEM terhadap Pemahaman Konsep dan Kemampuan Berargumentasi	112
5.3. Contoh Pengukuran Intensitas Sinar Datang Menggunakan PhET	116
5.4. Contoh Pengukuran Intensitas Sinar Bias Menggunakan PhET.....	117

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Konsep cahaya walaupun sudah dipelajari di SMA dan Fisika Dasar namun hasil diagnostik menggunakan tes *two tier* dengan sampel mahasiswa Pendidikan Fisika semester dua pada salah satu Perguruan Tinggi di Kota Palangka Raya dan mahasiswa Pendidikan Fisika semester dua pada salah satu perguruan tinggi di Lombok Timur Nusa Tenggara Barat menunjukkan 65% mahasiswa belum paham konsep pemantulan dan konsep pembiasan. Hasil wawancara secara klasikal menunjukkan 89% mahasiswa beranggapan Hukum Snellius tidak berlaku pada pemantulan baur. Seluruh responden (100%) menjawab tidak terjadi pembiasan saat sinar datang tegak lurus dengan bidang namun terjadi pemantulan total (59%) dan diteruskan (41%), dan 80% mahasiswa tidak paham konsep syarat terjadinya pemantulan internal total. Sementara hasil penelitian Yoanita (2015) menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep cahaya yang paling rendah terjadi pada indikator mengetahui definisi, sifat cahaya, dan syarat terjadinya pemantulan dan pembiasan cahaya.

Pengetahuan konseptual merupakan dasar untuk mengorganisasikan pengetahuan dan pengalaman ke dalam berbagai macam kategori (Arends, 2012). Pengetahuan konseptual berpengaruh terhadap keterampilan berpikir dalam penyelesaian masalah sehingga pemahaman konsep menjadi sangat penting untuk diperhatikan dalam pembelajaran (Englund et al., 2017). Jika peserta didik belum memahami konsep materi sebelumnya maka akan berdampak pada kemampuan mereka untuk memahami konsep materi selanjutnya. Diagnostik konsep awal peserta didik perlu dilakukan sebelum pembelajaran dimulai sebagai acuan untuk mendesain bahan ajar dan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Pemahaman konsep awal yang rendah menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan untuk menghubungkan konsep lain yang berkaitan dengan konsep yang sedang dipelajari (Putri, 2015). Seperti materi pemantulan dan pembiasan

perlu dipahami dengan baik oleh peserta didik sebelum mempelajari konsep transmisi sinyal pada fiber optik.

Mahasiswa harus memahami konsep teoritis secara mendalam dan mampu memanfaatkan IPTEK dalam penyelesaian masalah serta mampu mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis informasi dan data. Supaya peserta didik terlatih dalam mengambil keputusan yang tepat berbasis informasi dan data, maka peserta didik perlu dilatih berargumentasi. Kemampuan berargumentasi sangat penting dilatihkan untuk membiasakan mereka berargumentasi dalam mengambil keputusan berdasarkan bukti yang valid. Melibatkan peserta didik dalam argumentasi ilmiah dapat memberikan manfaat seperti membantu mereka: (1) memahami konsep sains, (2) mengembangkan keterampilan abad kedua puluh satu yaitu berpikir kritis dan kreatif, memecahkan masalah, kolaborasi, dan komunikasi, (3) menggunakan bukti untuk mendukung klaim, (4) bernalar secara logis, (5) mempertimbangkan dan mengkritik penjelasan alternatif, dan (6) memahami hakikat sains (McNeill, K. L., & Krajcik, 2008).

Kemampuan membuat dan mendukung klaim dalam berargumentasi ilmiah dapat membantu mereka untuk mengembangkan pemahaman yang lebih kuat tentang materi yang dipelajari (Zohar & Nemet, 2002). Selain itu, kemampuan berargumentasi dapat mempersiapkan peserta didik untuk menjadi orang yang kritis terhadap klaim orang lain dan untuk mengkomunikasikan ide-ide mereka sendiri dengan bukti dan alasan yang mendukung.

Hasil studi tentang kemampuan berargumentasi mahasiswa Pendidikan Fisika IAIN Palangka Raya dan Universitas Hamzanwadi Selong Nusa Tenggara Barat menunjukkan bahwa 72% jawaban argumentasi mahasiswa belum tersusun dengan sistematika klaim, bukti, dan alasan (Cari et al., 2022). Dengan demikian, kemampuan berargumentasi mahasiswa belum optimal sehingga perlu ditingkatkan agar mampu mengambil keputusan dengan alasan yang tepat karena didukung oleh data/informasi yang valid.

Berdasarkan hasil analisis kemampuan awal mahasiswa pada materi cahaya yang menunjukkan pemahaman konsep dan kemampuan berargumentasi mahasiswa belum optimal sehingga diperlukan pembelajaran yang memfasilitasi terjadinya konflik kognitif dan penalaran untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berargumentasi

mahasiswa. Proses konflik kognitif terjadi jika mahasiswa dibimbing melalui pertanyaan dan mengamati suatu fenomena untuk menangkap fakta/informasi. Proses menalar terjadi jika mahasiswa mampu menarik makna (realita) dibalik fakta/informasi. Melalui proses konflik kognitif dengan pertanyaan yang mengarahkan untuk mengumpulkan fakta/informasi tentang fenomena pemantulan dan pembiasan cahaya lalu melakukan penalaran logis dengan dengan konteks baru dapat memfasilitasi peserta didik untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berargumentasi. Model pembelajaran yang efektif untuk mengkondisikan terjadinya konflik kognitif dan penalaran adalah model pembelajaran *guided inquiry*.

Pembelajaran fisika hendaknya diorientasikan untuk membantu peserta didik untuk berinkuiri dalam rangka mencari bukti dan alasan suatu ide atau klaim (Driver et al., 2000). Informasi dan data yang diperoleh dari aktivitas berinkuiri sangat penting untuk mendukung klaim dan mengajukan argumen. Untuk melatih peserta didik mengajukan argumentasi ilmiah secara terstruktur maka diperlukan stimulus perancah argumentasi terstruktur dalam model pembelajaran inkuiri. Penelitian Hsu et al (2015) tentang perancah argumentasi terstruktur menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan argumentasi peserta didik secara signifikan.

Model pembelajaran *Guided Inquiry* dalam buku ini dilakukan dengan mensintesis sintak model *Guided Inquiry Design* (GID) dan *Process-Oriented Guided-Inquiry Activities* (POGIA). Sintesis sintak model GID dan POGIA sebagai upaya untuk menyempurnakan penelitian Nasir, M., Harjono, A., & Sridana (2015) tentang pengembangan model pembelajaran *guided inquiry* terintegrasi generik sains yang sintaknya menggunakan sintak POGIA. Penyempurnaan tersebut dilakukan dengan proses kombinasi dan substitusi sintak GID dan POGIA. Kombinasi sintak dilakukan dengan memadukan sintak eksplorasi pada sintak GID dan POGIA karena kedua model tersebut memiliki bentuk eksplorasi yang berbeda, dimana sintak eksplorasi GID berorientasi mensintesis informasi yang berasal dari kegiatan membaca sedangkan sintak eksplorasi POGIA berupa eksperimen. Pada model *guided inquiry* yang baru, proses eksplorasi menggunakan eksperimen dan sintesis informasi bacaan sebagai bahan untuk memverifikasi temuan. Substitusi sintak dilakukan mengganti sintak *concept formation* pada POGIA dengan sintak menalar dan mencipta yang berasal dari GID. Sintak menalar dimunculkan

untuk memberdayakan elaborasi konsep melalui kontek aplikasi konsep pada teknologi. Sintak mencipta dimunculkan memberdayakan penggunaan konsep dalam memecahkan masalah terstruktur yang lebih kompleks secara terbimbing. Sintak mengkomunikasikan muncul sebagai kombinasi dari sintak *closure* dari POGIA, *share* dan *evaluate* dari GID.

Peningkatan potensi sintak baru untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berargumentasi diperlukan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM dipilih untuk mengintegrasikan model pembelajaran *guided inquiry* dalam buku ini karena relevan dengan tuntutan pembelajaran abad 21 bahwa pembelajaran ditekankan menggunakan STEM untuk memecahkan masalah. Peningkatan efektivitas proses pembelajaran inkuiri dapat dilakukan dengan integrasi dengan pendekatan STEM (Abdurrahman et al., 2019; Johns, G., & Mentzer, 2016) karena pendekatan STEM dapat menghubungkan penyelidikan ilmiah dengan merumuskan pertanyaan yang dijawab melalui penyelidikan sebelum mereka terlibat dalam proses desain teknik untuk memecahkan masalah (Jackson & Mohr-Schroeder, 2018; Kennedy & Odell, 2014).

Disiplin STEM pada model pembelajaran GISTEM diposisikan sebagai pendekatan yang diintegrasikan secara *embeded* yaitu integrasi STEM yang menekankan pada integritas materi pelajaran, bukan fokus pada interdisiplin mata pelajaran. Komponen STEM digunakan sebagai basis penyajian bahan ajar dan peningkatan efektivitas pelaksanaan pembelajaran. Keterkaitan antara pendekatan STEM dan *guided inquiry* adalah aktivitas terpenting saat mempelajari topik terintegrasi STEM adalah analisis data, refleksi interpretasi, dan refleksi kritis (Park et al., 2018; Tofel-Grehl et al., 2018). Komponen analisis, interpretasi, dan refleksi kritis merupakan bagian dari pembelajaran inkuiri.

Pendekatan STEM dalam model pembelajaran GISTEM digunakan sebagai konten dan peningkatan efektivitas pembelajaran. Sebagai konten, *science* merupakan materi sains (mata pelajaran fisika, biologi, dan kimia). *Technology* dijadikan sebagai elaborasi konsep pada konteks teknologi. *Engineering* dijadikan sebagai analisis prosedur insinyur untuk menerapkan konsep dalam membuat suatu teknologi. *Mathematics* digunakan untuk merepresentasikan besaran fisis dalam bentuk persamaan matematis.

Untuk meningkatkan efektivitas model pembelajaran GISTEM menggunakan teknologi pembelajaran, yaitu strategi *flipped classroom* dan media *Physics Education Technology* (PhET). Model pembelajaran GISTEM didukung oleh teknik perancah argumentasi terstruktur yang diorientasikan untuk membangun kemampuan berargumentasi peserta didik. Kegiatan desain dalam model pembelajaran GISTEM untuk menghasilkan produk dilakukan melalui *Engineering Design Process* terfragmentasi untuk memecahkan masalah terstruktur.

Spesifikasi model pembelajaran GISTEM adalah terbentuknya sintak *guided inquiry* yang kompatibel dengan pendekatan STEM untuk pemecahan masalah terstruktur. Melalui sintak baru tersebut, Peserta didik dibimbing untuk membangun pengetahuan dasar sebagai skemata untuk mengembangkan konsep pada konteks baru, dan memecahkan masalah yang lebih kompleks secara terbimbing. Melalui sintak baru tersebut, peserta didik juga difasilitasi untuk mengumpulkan informasi atau data untuk mendukung klaim, memberikan alasan logis antara klaim dan bukti yang dikumpulkan, mensintesis makna hasil analisis data, menarik kesimpulan, dan melakukan refleksi pembelajaran.

B. MANFAAT MODEL PEMBELAJARAN GISTEM

Model pembelajaran GISTEM efektif dan praktis digunakan dalam pembelajaran yang terpusat pada peserta didik karena didasarkan pada teori belajar andragogi, konstruktivisme, dan pembelajaran bermakna. Sintak model pembelajaran GISTEM disusun dengan orientasi untuk memfasilitasi peserta didik belajar lebih mandiri dalam mengkonstruksi, mengembangkan konsep dan kemampuan berargumentasi, dan menerapkan konsep dalam pemecahan masalah terstruktur. Peserta didik belajar lebih siap karena ada kegiatan eksplorasi pengetahuan dasar melalui mendefinisikan istilah, menjodohkan istilah, menginterpretasi makna suatu persamaan matematis, dan eksperimen virtual. Perancah argumentasi terstruktur dalam model pembelajaran GISTEM memfasilitasi peserta didik dalam mengelaborasi konsep untuk melatih kemampuan berargumentasi peserta didik. Sintak mencipta pada model pembelajaran GISTEM melatih peserta didik untuk

menerapkan konsep dalam pemecahan masalah terstruktur menggunakan *Engineering Design Process* secara terpragmentasi.

Model pembelajaran GISTEM dapat memfasilitasi peserta didik untuk belajar lebih mandiri untuk menyiapkan keterampilan abad 21 peserta didik yang berkaitan dengan *critical and creative thinking, problem-solving, collaboration, and communication*. Model pembelajaran GISTEM dapat memfasilitasi peserta didik untuk belajar menyelesaikan masalah dari konsep dasar menuju konsep yang lebih kompleks dengan pendekatan disiplin STEM yang berkonsekuensi melatih literasi STEM peserta didik dalam menyelesaikan masalah.

Literasi STEM yang dapat ditingkatkan melalui pembelajaran yang menggunakan pendekatan STEM antara lain: *Science*: kemampuan dalam menggunakan pengetahuan ilmiah dalam memahami dunia serta kemampuan untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya. *Technology*: pengetahuan bagaimana menggunakan teknologi, bagaimana teknologi dikembangkan, dan memiliki kemampuan untuk bagaimana teknologi mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa, dan negara. *Engineering*: pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat dikembangkan melalui proses reaksiyasa/desain dengan cara mengintegrasikan dari beberapa mata pelajaran. *Mathematics*: kemampuan dalam menganalisis alasan dan mengkomunikasikan ide secara efektif dan dari cara, merumuskan, dan menafsirkan solusi untuk masalah matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, M. U., Mustafa, M., & Pada, A. U. T. (2021). Penerapan pendekatan STEM berbasis simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 5(3), 209–218. <https://doi.org/10.24815/jipi.v5i3.21774>
- Akcayır, G., & Akcayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126 (1), 334-345.
- Aşıksoy, G., & Islek, D. (2017). The impact of the virtual laboratory on students' attitudes in a general physics laboratory. *International Journal of Online Engineering*, 13(4), 20–28.
- Ausubel, D. P. (1965). Perception versus cognition in meaningful verbal learning. *The Journal of General Psychology*, 73(2), 185-187.
- Azizah, L. M., Poernomo, J. B., & Faqih, M. I. (2019). Pengembangan modul pembelajaran fisika kelas XI MA/SMA berbasis guided inquiry pada materi alat-alat optik. *Physics Education Research Journal*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.21580/perj.2019.1.1.4006>
- Azzahro, R. (2018). *Analisis penguasaan konsep dan kesulitan siswa yang belajar dengan model inkuiri terbimbing disertai dengan formative feedback pada materi hukum Newton* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- Badeau, R., White, D. R., Ibrahim, B., Ding, L., & Heckler, A. F. (2017). What works with worked examples: Extending self-explanation and analogical comparison to synthesis problems. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1–27. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020112>
- Beeth, M. E. (1998). Teaching for conceptual change: Using status as a metacognitive tool. *Science education*, 82(3), 343-356.
- Bell, R.L., L. Smetana, and I. Binns. 2005. Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72 (7): 30–33.

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3-11.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 18*(1), 32-42.
- Bruner, J. S. (1999). *The culture of education*. Harvard: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (2006). *In search of pedagogy volume I: The selected works of Jerome Bruner, 1957-1978*. London: Routledge.
- Bruner, J. S. (2009). *The process of education*. Harvard: Harvard University Press.
- Buckwalter, W., & Turri, J. (2016). Perceived weaknesses of philosophical inquiry: a comparison to psychology. *Philosophia, 44*(1), 33-52.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design: A contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *Technology Teacher, 64*(1), 6-8.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunity*. Arlington, VI: National Science Teachers Association (NSTA) Press.
- Bybee, R. W., Carlson-Powell, J., & Trowbridge, L. W. (2008). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy*. Columbus: Pearson/Merrill/Prentice Hall.
- Chang, C. C., Yeh, T. K., & Shih, C. M. (2016). The effects of integrating computer-based concept mapping for physics learning in junior high school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(9), 2531–2542.
- Chen, M. (2001). A potential limitation of embedded-teaching for formal learning. In *Proceedings of the twenty-third annual conference of the cognitive science society* (pp. 194-199). Lawrence Erlbaum Associates, Inc Edinburgh, Scotland.

- Clancey, W. J. (1997). *Situated cognition: On human knowledge and computer representations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Collette, A. ., & Chiappetta, A. . (1994). *Science instruction in the middle and secondary schools (3rd ed)*. New York: Merrill.
- Collins, J. B., & Clark, D. (2014). *Towards an ontology of physics*. Naval Research Lab Washington DD.
- Daineko, Y., Ipalakova, M., Dmitriyev, V., Giyenko, A., & Rakhimzhanova, N. (2015). 3D Physics virtual laboratory as a teaching platform. *2nd International Conference on Augmented and Virtual Reality, AVR 2015*, 9254, 458-466).
- Davis, J. (2001). Conceptual Change. In M. Orey (Ed.), *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*. Retrieved <20 December 2021>, from <http://projects.coe.uga.edu/epltt/>
- De Jong, T. (2006). Computer simulations – technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(1), 532–533.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. *New perspectives on conceptual change*, 263-282.
- Effendi, A. & Fatimah, A.T. (2019). Implementasi Model Pembelajaran Creative Problem Solving Untuk Siswa Kelas Awal Sekolah Menengah Kejuruan. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*. 4(2), 89-98, 2019.
- Feibleman, J. K. (1961). Pure science, applied science, technology, engineering: An attempt at definitions. *Technology and Culture*, 2(4), 305. <https://doi.org/10.2307/3100886>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415.
- Gunawan, G., Nisrina, N., Suranti, N. M. Y., Herayanti, L., & Rahmatiah, R. (2018). Virtual laboratory to improve students' conceptual understanding in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012049>

- Hall, A., & Miro, D. (2016). A study of student engagement in project-based learning across multiple approaches to STEM education programs. *School Science and Mathematics*, 116(6), 310-319.
- Hatton, M. J. (1997). *Lifelong learning: policies, practices, and programs*. Toronto: School of Media Studies.
- Herbert, N. (1987). *Quantum reality: Beyond the new physics*. Anchor.
- Hsu, C. C., Chiu, C. H., Lin, C. H., & Wang, T. I. (2015). Enhancing skill in constructing scientific explanations using a structured argumentation scaffold in scientific inquiry. *Computers & Education*, 91(1), 46-59.
- Inah, E. N. (2015). Peran komunikasi dalam interaksi guru dan siswa. *AL-TA'DIB: Jurnal Kajian Ilmu Kependidikan*, 8(2), 150-167.
- Jackson, C. D., & Mohr-Schroeder, M. J. (2018). Increasing STEM literacy via an informal learning environment. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(1), 4.
- John, M. (2016). *Physics teaching methods*. Narok-Kenya: Maasai Mara University
- Johns, G., & Mentzer, N. (2016). STEM integration through design and inquiry. *Technology and Engineering Teacher*, 76(3), 13–17.
- Joyce, B. R., & Weil, M. (2009). *Models of teaching (edisi ke delapan)*. (1972 1st ed.) Boston: Allyn and Bacon.
- Jumaisa, J. (2020). Model Pilihan Pembelajaran, Inquiry atau Expository?. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 6(2), 339-348.
- Karwati, U. (2019). Aplikasi Model Pembelajaran Sinektik (Synectic Model)”, *Jurnal Seni & Budaya Pangung*, 22(2), 147-159.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Kemendikbud. (2017). *Modul-1 fisika paket C safari ke Pulau Fisika setara SMA/MA*. <http://repository.ut.ac.id/3891/1/EKSI4417-M1.pdf>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.

- Koohang, A., Riley, L., Smith, T., & Schreurs, J. (2009). E-learning and constructivism: From theory to application. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 5(1), 91-109.
- Langford, P. E. (2004). *Vygotsky's developmental and educational psychology*. London: Psychology Press.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16.
- Ludäscher, P., Greffrath, W., Schmahl, C., Kleindienst, N., Kraus, A., Baumgärtner, U., Magerl, W., Treede, R. D., & Bohus, M. (2009). A cross-sectional investigation of discontinuation of self-injury and normalizing pain perception in patients with borderline personality disorder. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 120(1), 62–70.
- McIntyre, L. (2019). *The scientific attitude: Defending science from denial, fraud, and pseudoscience*. New York: MIT Press.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. *Thinking with data*, 233-265.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- Milman, N. (2012). The flipped classroom strategy: what is it and how can it be used? *Distance Learning*, 9(3), 85-87.
- Mohapatra, J. K. (1988). Induced in incorrect generalizations leading to misconceptions—an exploratory investigation about the laws of reflection of light. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 777-784.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., & Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35–60). West Lafayette: Purdue University Press.

- Nasir, M., Cari, C., Sunarno, W., & Rahmawati, F. (2022). The effect of STEM-based guided inquiry on light concept understanding and scientific explanation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), em2175.
- National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (2010). *Creating Scientific Concepts*. New York: MIT Press.
- Oktavia, Z., & Ridlo, S. (2020). Critical thinking skills reviewed from communication skills of the primary school students in STEM-based project-based learning model. *Journal of Primary Education*, 9(3), 311–320. <https://doi.org/10.15294/jpe.v9i3.27573>
- Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2018). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 275-294.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1-2), 81-95.
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory. In *Piaget and his school* (pp. 11-23). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167-199.
- Podolefsky, N. S., & Finkelstein, N. D. (2006). Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(2), 1–10.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

- Price, A. M., Perkins, K. K., Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). How and why do high school teachers use PhET interactive simulations?. *Learning*, 33(1), 37-7.
- Purzer, Ş., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-9.
- Putnam, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.
- Putri, F. M (2015). Pengaruh penerapan kombinasi metode inkuiri dan reciprocal teaching terhadap capaian pemahaman konsep siswa. *Jurnal Edusains*, 7(1), 19-26 .
- Rankin, W. (2016). Natural learning. <https://unfoldlearning.net/2016/11/28/natural-learning/>. Tersedia online. Diakses 27 Juni 2021.
- Rao, D. B. (2003). *Scientific attitude*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- Rehalat, A. (2014). Model Pembelajaran Pemrosesan Informasi. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 23(2), 1-10.
- Reidsema, C., Kavanagh, L., Hadgraft, R., & Smith, N. (2017). The Flipped classroom. *Practice and Practices in Higher Education*. Ed. Springer.
- Robbins, P., & Aydede, M. (Eds.). (2008). *The Cambridge handbook of situated cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Robertson, A. D., Goodhew, L. M., Scherr, R. E., & Heron, P. R. L. (2021). University student conceptual resources for understanding forces. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 10121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010121>
- Sandall, B. K., Sandall, D. L., & Walton, A. L. (2018). Educators' perceptions of integrated STEM: A phenomenological study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(1), 1-3.

- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Sani, R.A. (2018). *Pembelajaran saintifik untuk implementasi kurikulum 2013*. Jakarta: Grafika Offset.
- Santrock, J. W. (2018). *Educational psychology sixth edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Senior, J. (2009). *Optical fiber communications principles and practice third edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. California: Thomson Brooks/Cole.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2012). *Principles of Physics: A Calculus-Based Text*. Canada: Thomson Learning.
- Sharma, R. C., & Shukla, C. S. (2006). *Modern science teaching*. New Delhi: Dhanpat Rai.
- Siswanto, J. (2018). Keefektifan pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 9(2), 133–137.
- Slavin, R. (2017). *Education psychology: Theory and practice (12th ed.)*. Boston: Pearson.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 1-4.
- Tofel-Grehl, C., Feldon, D. F., & Callahan, C. M. (2018). Impacts of learning standards and testing on gifted learners in STEM schools: A multilevel analytic induction. *Roeper Review*, 40(2), 130-138.
- Trianto, I. B., & Ibnu, B. (2014). *Mendesain model pembelajaran inovatif, progresif, dan kontekstual*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Trisnawati, E. (2019). Analisis miskonsepsi pada konsep dasar IPA menggunakan Certainty of Response Index (CRI). *Jurnal Dialektika Jurusan PGSD*, 9(2), 210–228.

- Van den Berg, E. (1993). An example of using alternative conceptions in physics teacher education in a developing country. *Journal of Science Teacher Education*, 4(3), 79-84.
- Vygotsky, L. S. (2012). *Thought and language*. Massachusetts: MIT Press.
- Vygotsky, L.S. (1997). *Educational psychology*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press.
- Walding, R., Rapkins, G., & Rossiter, G. (2004). *New century senior physics: Concepts in context*. Oxford: Oxford University Press.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.
- Wenning, C. J. (2009). Scientific epistemology: How scientists know what they know. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(2), 3-16.
- Wenno, I. H., Esomar, K., & Sopacua, V. (2016). Analisis Kesulitan Belajar dan Pencapaian Hasil Belajar Siswa Melalui Strategi Pembelajaran Inkuiri. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 35(3), 378-385.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227.
- Yang, H. T., & Wang, K. H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education*, 44(4), 531–548. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9392-8>
- Yulia, R. (2021). *STEM dan model-model pembelajaran*. Diakses pada tanggal 3 Oktober 2022, dari <http://lpmpaceh.kemdikbud.go.id/>
- Zanella, F. P., Magalhães, D. V., Oliveira, M. M., Bianchi, R. F., Misoguti, L., & Mendonça, C. R. (2003). Frustrated total internal reflection: A simple application and demonstration. *American Journal of Physics*, 71(5), 494–496.

PROFIL PENULIS



Muhammad Nasir adalah Dosen Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya, Dia lulus S1 Pendidikan Fisika di Universitas Hamzanwadi Selong NTB pada tahun 2009. Dia lulus Magister Pendidikan IPA Universitas Mataram pada tahun 2014 dan lulus Program Doktor Pendidikan IPA di Universitas Sebelas Maret pada tahun 2023. Penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan Pendidikan Fisika. Dia dapat dihubungi melalui email: nasir@iain-palangkaraya.ac.id



Cari adalah Profesor Optik Quantum. Gelar Guru Besar diperolehnya pada tahun 2014. Saat ini tercatat sebagai dosen di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Dia dapat dihubungi melalui email: cari@staf.uns.ac.id



Widha Sunarno adalah Guru Besar Pendidikan Fisika. Dia meraih gelar guru besar pada tahun 2009. Dia tercatat sebagai Dosen Program Studi S3 Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret. Dia dapat dihubungi di email: widhasunarno@gmail.com



Fitria Rahmawati adalah Profesor Kimia. Gelar Guru Besar diperolehnya pada tahun 2021. Saat ini tercatat sebagai dosen di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Dia dapat dihubungi melalui email: fitria@mipa.uns.ac.id

Model pembelajaran GISTEM merupakan model pembelajaran yang dikonstruksi dari model pembelajaran *guided inquiry* dan pendekatan STEM. Sintak *guided inquiry* pada GISTEM merupakan hasil sintesis dari *sintak guided inquiry design* dan *process-oriented guided inquiry activities*. Sintak baru hasil sintesis kompatibel dengan pendekatan STEM. Sintak model pembelajaran GISTEM adalah orientasi, eksplorasi, menalar, mencipta, dan mengkomunikasikan.

Disiplin STEM pada model pembelajaran GISTEM diintegrasikan secara tertanam (*embedded*). Pola tertanam pada model pembelajaran GISTEM ini adalah menjadikan materi materi sains sebagai materi basis pembelajaran. Disiplin *technology* sebagai konteks elaborasi konsep dan sistem peningkatan efektivitas pembelajaran. Disiplin *engineering* sebagai implementasi konsep dalam proses desain pemecahan masalah terstruktur. Disiplin *mathematics* sebagai alat bantu untuk merepresentasikan persamaan matematis dan teknik analisis data dalam proses desain pemecahan masalah terstruktur.

Karakteristik pembelajaran GISTEM yaitu (1) Orientasi masalah menuju aplikasi konsep yang dipelajari pada konteks teknologi; (2) Menyiapkan konsep dasar mahasiswa: defisini istilah, matching, makna fisis persamaan, dan simulasi PhET; (3) Membangun kemampuan berargumentasi melalui elaborasi konsep; (4) Penerapan konsep dalam pemecahan masalah secara terstruktur (desain/menganalisis data); (5) Mengkomunikasikan hasil kinerja peserta didik untuk mendapatkan umpan balik; dan (6) Membimbing belajar lebih mandiri dan bermakna.

Model pembelajaran GISTEM dapat memfasilitasi peserta didik untuk belajar lebih mandiri untuk menyiapkan keterampilan abad 21 peserta didik yang berkaitan dengan *creative and critical thinking*, *problem-solving*, dan *collaboration*. Model pembelajaran GISTEM dapat memfasilitasi peserta didik untuk belajar menyelesaikan masalah dari konsep dasar menuju konsep yang lebih kompleks dengan pendekatan disiplin STEM yang berkonsekuensi melatih literasi STEM peserta didik dalam menyelesaikan masalah.



CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 813 5346 4169

ISBN 978-623-8070-67-1



9 786238 070671