

PENGANTAR UNTUK KONVERSI

PENDIDIKAN STEM ke STEAM-H

Dr. Ai Tusi Fatimah, S.Pd.,M.Si.

Dr. drh. Agus Yuniawan Isyanto, M.P.

Dr. Toto, Drs., M.Pd.



**PENGANTAR UNTUK
KONVERSI PENDIDIKAN
STEM KE STEAM-H**

PENGANTAR UNTUK KONVERSI PENDIDIKAN STEM KE STEAM-H

Dr. Ai Tusi Fatimah, S.Pd.,M.Si.
Dr. drh. Agus Yuniawan Isyanto, M.P.
Dr. Toto, Drs., M.Pd.



PENGANTAR UNTUK KONVERSI PENDIDIKAN STEM KE STEAM-H

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:

Dr. Ai Tusi Fatimah, S.Pd., M.Si.
Dr. drh. Agus Yuniawan Isyanto, M.P.
Dr. Toto, Drs., M.Pd.

Editor: Dr. Toto, Drs., M.Pd.

Cetakan Pertama: Agustus 2022

Cover: Tim Penyusun

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2022, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I -: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
Dimensi : 14,8 x 21 cm
ISBN: 978-623-448-192-1

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Berkat limpahan rahmat dari Allah SWT, kami dapat menyusun buku dengan judul “Pengantar untuk Konversi Pendidikan STEM ke STEAM-H”. Buku ini disusun atas landasan hadirnya batasan riset multidisiplin STEAM-H (*Science, Technology, Engineering, Agriculture, Mathematics & Health*) yang sangat memungkinkan untuk dimanifestasikan dalam pendidikan.

Buku ini mengantarkan pendidikan STEAM-H sebagai perluasan dari pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, & Mathematics*). Kerangka kerja pendidikan STEM yang telah lama berkembang dan terpublikasi di jurnal dan prosiding bereputasi dijadikan acuan dalam konversi pendidikan STEM ke pendidikan STEAM-H. Lebih dari enam ratus artikel tentang STEM ditelusuri. Melalui bantuan VosViewer, diperoleh gambaran hasil riset pendidikan STEM dari beragam perspektif, sehingga diperoleh istilah-istilah penting yang menjadi karakteristik utama pembuka perspektif pendidikan STEAM-H ini.

Pola integrasi merupakan istilah utama yang diadopsi dari pendidikan STEM terintegrasi. Pola integrasi merupakan istilah penting sebagai landasan implementasi integrasi antara beberapa disiplin ilmu dalam STEAM-H. Konten (konsep dan keterampilan) antar disiplin ilmu menjadi bagian penting dari proses implementasi integrasi tersebut. Pola integrasi juga

mengantarkan pada prinsip pembelajaran yang dapat diimplementasikan dengan beragam pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan jenis, jenjang, dan tingkat pendidikan.

Mengawali hadirnya pendidikan STEAM-H, perlu memperhatikan prinsip pembelajaran, lingkungan belajar, dan asesmen. Ketiganya ditransmisikan dalam buku ini. Namun demikian, perlu digali lebih lanjut dalam riset-riset mendatang supaya kerangka kerja STEAM-H dapat terwujud dan terimplementasi sesuai dengan jenis, jenjang, dan tingkat pendidikan. Sebagai pengantar pendidikan STEAM-H terintegrasi, buku ini diharapkan dapat membuka paradigma baru dan menambah khasanah keilmuan. Lebih jauh lagi, buku ini dapat memberi kontribusi dan jejaring kolaborasi antara berbagai elemen.

Ciamis, 15 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
1. PENDAHULUAN	1
2. PERKEMBANGAN RISET STEAM-H	10
3. POLA INTEGRASI PENDIDIKAN STEAM-H	25
3.1 Multidisiplin	27
3.2 Interdisipliner	29
3.3 Transdisipliner.....	33
3.3 <i>Cross-disciplinary</i>	34
3.4 Langkah-langkah Integrasi STEAM-H	37
3.5 Konten Esensial	41
4. PRINSIP PEMBELAJARAN STEAM-H	
TERINTEGRASI.....	43
4.1 Komponen Penting dari Kurikulum.....	44
4.2 Pembelajaran Berbasis Situasi.....	48
4.3 Alur Konseptual Grafis.....	60
5. LINGKUNGAN STEAM-H TERINTEGRASI.....	65
5.1 Lingkungan Belajar Otentik	65
5.2 Lingkungan Teknologi Komputer	66
6. ASESMEN PENDIDIKAN STEAM-H	
TERINTEGRASI.....	68

7. PENUTUP.....	71
8. REFERENSI	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Klaster	4
Tabel 2.1 Seri Buku STEAM-H Terbitan Springer	11
Tabel 3.1 Pola Integrasi.....	26
Tabel 4.1 Komponen Penting Kurikulum Pemodelan dengan Data	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Klaster Pilihan Istilah-istilah pada Pendidikan STEM	3
Gambar 1.2 Kepekatan Istilah-istilah pada Pendidikan STEM	8
Gambar 1.3 Peta Riset STEM Berdasarkan Tahun	9
Gambar 3.1 Disiplin ilmu pada STEAM-H	25
Gambar 3.2 Multidisipliner pada STEAM-H	28
Gambar 3.3 Pola interdisipliner matematika terhadap disiplin ilmu lainnya dalam STEAM-H.....	30
Gambar 3.4 Pola interdisipliner antar disiplin ilmu dalam STEAM-H	31
Gambar 3.5 Pola interdisipliner semua disiplin ilmu dalam STEAM-H.....	32
Gambar 3.6 Pola Transdisipliner STEAM-H.....	33
Gambar 3.7 Pola cross-disciplinary	35
Gambar 4.1 Kerangka Konseptual Pembelajaran STEM	50
Gambar 4.2 Perbandingan Praktik Sains dan Praktik Teknik/Rekayasa	55
Gambar 4.3 Alur Konseptual Grafis 'Kurikulum Keamanan Museum'	61

1. PENDAHULUAN

STEAM-H merupakan kepanjangan dari *Science, Technology, Engineering, Agriculture, Mathematics, and Health*. Istilah STEAM-H dapat ditemukan pertama kali dalam sebuah prosiding berjudul “*New Frontiers of Multidisciplinary Research in STEAM-H (Science, Technology, Engineering, Agriculture, Mathematics, and Health)*” pada Tahun 2014 (Toni, 2014). Istilah STEAM-H dapat dikatakan sebagai perluasan dari batasan riset sebelumnya STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

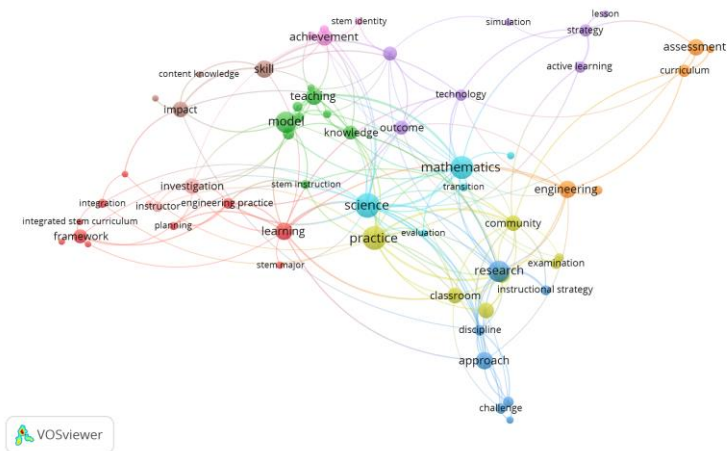
STEM telah berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. STEM telah banyak dibahas dalam beragam perspektif termasuk pada bidang pendidikan. Penelitian tentang pendidikan STEM terus mengalami peningkatan yang dibuktikan dengan banyaknya artikel yang membahas STEM sejak Tahun 1990 hingga sekarang (Stewart et al., 2019). STEM kemudian mengalami perkembangan batasan dari bidang ilmu lainnya untuk mendukung pemecahan masalah yang lebih baik. Misalnya, integrasi *arts* pada STEM menjadi STEAM merupakan suatu upaya

membantu siswa untuk meningkatkan pemahaman konsep dengan cara kreatif (Swe & Shaljan, 2019). Program STEM with AgLIT (*Agricultural Literacy Through Innovative Technology*) merupakan integrasi pertanian pada STEM sebagai upaya meningkatkan literasi pertanian siswa (Vallera & Bodzin, 2020). Program ETR merupakan integrasi bidang kesehatan dan STEM untuk menemukan solusi kreatif penanganan masalah COVID-19 (Denner, 2020).

Pendidikan STEAM-H pada tulisan ini diadopsi dari perkembangan riset pendidikan STEM yang diterbitkan pada jurnal internasional bereputasi. Penelusuran artikel STEM berfokus pada laman Springer sebagai penggagas STEAM-H. Terdapat 675 artikel yang didominasi oleh International Journal of STEM Education (571 artikel dari tahun 2014 hingga 2022). Sisanya dari Journal for STEM Education Research (57), IJERE (8), dan lainnya.

Untuk mengetahui istilah-istilah pada pendidikan STEM, dilakukan penelusuran dengan menggunakan VOSviewer. Fokus penelusuran pada judul artikel dengan mengambil minimal tiga istilah yang muncul. Hasilnya terdapat 207 kata. Setelah mengalami

penelaahan, sebanyak 61 kata yang dianggap sesuai untuk melakukan konversi dari pendidikan STEM ke STEAM-H. 61 istilah tersebut terdapat dalam 10 kluster seperti diilustrasikan pada Gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1.1 Kluster Pilihan Istilah-istilah pada Pendidikan STEM

Lebih jelas lagi, Tabel 1.1 menyajikan daftar istilah pada setiap kluster. Adapun istilah kunci sebagai acuan konversi adalah bidang/disiplin, integrasi, kurikulum, pembelajaran (pendekatan/strategi/praktik), lingkungan belajar, pengetahuan/keterampilan/berpikir, dan penilaian (capaian/hasil).

Tabel 1.1 Daftar Klaster

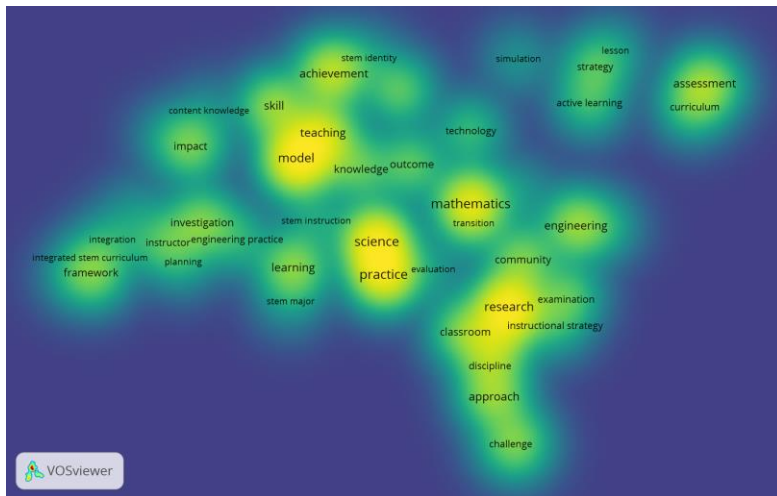
Klaster	Istilah	Kuantitas
1 (10 item)	<i>Complexity</i> (kompleksitas)	3
	<i>Engineering practice</i> (praktik teknik/rekayasa)	8
	<i>Framework</i> (kerangka kerja)	13
	<i>Integrated STEM curriculum</i> (kurikulum STEM terintegrasi)	3
	<i>Integration</i> (integrasi)	6
	<i>Interdisciplinary collaboration</i> (kolaborasi interdisiplin)	3
	<i>Learning</i> (belajar)	20
	<i>Planing</i> (perencanaan)	5
	<i>STEM literacy</i> (literasi STEM)	3
	<i>STEM major</i> (jurusan STEM)	4
2 (9 item)	<i>Adoption</i> (adopsi)	7
	<i>Computational thinking</i> (Berpikir komputasional)	4
	<i>Context</i> (Konteks)	7
	<i>Exploration</i> (eksplorasi)	5
	<i>Knowledge</i> (pengetahuan)	13
	<i>Model</i>	31
	<i>Relationship</i> (hubungan)	10

Klaster	Istilah	Kuantitas
	<i>STEM instruction</i> (pengajaran STEM)	6
	<i>Teaching</i> (pengajaran)	18
3 (7 item)	<i>Approach</i> (pendekatan)	20
	<i>Boundary</i> (batas)	4
	<i>Challenge</i> (tantangan)	8
	<i>Discipline</i> (disiplin)	8
	<i>Instructional strategy</i> (strategi instruksional)	7
	<i>Pedagogy</i> (pedagogi)	8
	<i>Research</i> (penelitian)	31
4 (7 item)	<i>Classroom</i> (kelas)	17
	<i>Community</i> (komunitas)	17
	<i>Examination</i> (ujian)	8
	<i>Identity</i> (identitas)	17
	<i>Influence</i> (pengaruh)	17
	<i>Practice</i> (praktik)	40
	<i>STEM field</i> (bidang STEM)	6
5 (6 item)	Active learning (pembelajaran aktif)	10
	Environment (lingkungan)	14
	Lesson (pelajaran)	4
	Outcome (hasil)	14
	Simulation (simulasi)	4
	Strategy (strategi)	11

Klaster	Istilah	Kuantitas
	Technology (teknologi)	10
6 (5 item)	<i>Evaluation</i> (evaluasi)	4
	<i>Instructional change</i> (Perubahan instruksional)	4
	<i>Mathematics</i> (matematika)	36
	<i>Science</i> (sains)	46
	<i>Transition</i> (transisi)	5
7 (5 item)	<i>Assessment</i> (penilaian)	18
	<i>Curriculum</i> (kurikulum)	11
	<i>Engineering</i> (teknik/rekayasa)	21
	<i>Field</i> (bidang)	4
	<i>Validation</i> (validasi)	6
8 (4 item)	<i>Content knowledge</i> (Pengetahuan konten)	3
	<i>Impact</i> (dampak)	17
	<i>Inclusive STEM high school</i> (Sekolah Menengah STEM Inklusif)	3
	<i>Skill</i> (keterampilan)	21
9 (4 item)	<i>Achievement</i> (pencapaian)	18
	<i>Critical thinking</i> (berpikir kritis)	5
	<i>Science identity</i> (identitas sains)	6

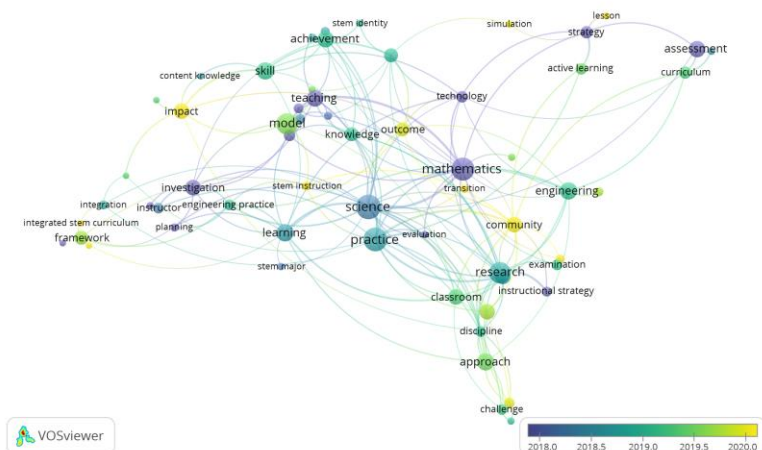
Klaster	Istilah	Kuantitas
	<i>STEM identity</i> (identitas STEM)	4
10 (3 item)	<i>Instructor</i> (pengajar)	8
	<i>Investigation</i> (investigasi)	17
	<i>Pedagogical knowledge</i> (pengetahuan pedagogi)	4

Berdasarkan Tabel 1.1, sains merupakan istilah paling banyak muncul (43 kali) disusul kata praktik (40 kali) dan matematika (36 kali). Hal ini dapat dilihat dari ukuran bulatan pada Gambar 1.1. Kita juga dapat melihat bahwa istilah tersebut sering diteliti, yang dapat dilihat berdasarkan kepekatan warna yang ditunjukkan VOSviewer pada Gambar 1.2. Makin besar bulatan dan pudar warna yang ditampilkan, makin banyak istilah tersebut digunakan dalam judul artikel, dan sebaliknya. Hasil ini sejalan dengan hasil penelusuran (English, 2016), bahwa sains dan matematika merupakan dua disiplin ilmu dalam STEM yang sering muncul dan mendominasi pembahasan dalam berbagai publikasi pendidikan STEM.



Gambar 1.2 Kepekatan Istilah-istilah pada Pendidikan STEM

Selanjutnya, kita dapat melihat *trend* istilah yang digunakan pada penelitian STEM terbaru dan masih jarang diteliti. Gambar 1.2 menunjukkan istilah STEM pada penelitian terlama sampai terbaru yang ditampilkan dalam gradasi warna. Makin cerah warna bulatan, makin baru istilah tersebut digunakan.



Gambar 1.3 Peta Riset STEM Berdasarkan Tahun

Berdasarkan artikel pendidikan STEM yang telah ditelusuri, tulisan ini memaparkan bagaimana riset-riset di area STEM dapat dijadikan acuan dasar untuk membangun pendidikan STEAM-H terintegrasi. Adapun fokus tulisan diawali dari aspek pola integrasi yang berpengaruh pada prinsip, lingkungan, dan asesmen pembelajaran.

2. PERKEMBANGAN RISET STEAM-H

Istilah STEAM-H berawal dari sebuah prosiding yang berupaya mengeksplorasi batas-batas baru dalam penelitian multidisiplin, mendorong minat dan partisipasi mahasiswa dalam penelitian interdisipliner, dan untuk merangsang penelitian baru bagi spektrum keilmuan yang lebih luas (Toni, 2014). Istilah STEAM-H lebih lanjut dapat ditemukan pada laman *SpringerLink* berupa seri buku yang secara khusus mengusung topik-topik di area Sains, Teknologi, Teknik, Pertanian, Matematika dan Kesehatan. Seri buku STEAM-H menunjukkan kemajuan terbaru dalam ilmu murni dan terapan dari para peneliti yang berkolaborasi dalam bidang yang berbeda di mana matematika sebagai fokus intinya. Seri buku tersebut berfungsi sebagai katalis bagi para peneliti untuk mengembangkan aplikasi baru yang dapat memberi kemajuan yang mendasar dalam berbagai disiplin ilmu dengan pendekatan interdisipliner. Seri buku STEAM-H mulai terbit pada

Tahun 2018. Hingga kini, terdapat sembilan buku seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Seri Buku STEAM-H Terbitan Springer

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
1	<i>New Trends and Advanced Methods in Interdisciplinary Mathematical Sciences</i>	Bourama Toni (Toni, 2018)	02 August 2018	Volume ini bertujuan untuk menghasilkan interaksi interdisipliner dengan penekanan pada metode dan aplikasi antar bidang. Topik-topik yang disajikan meliputi sistem rangkap tiga geometris, segmentasi gambar, pengenalan pola dalam kedokteran, opsi hambatan harga, distribusi bilangan p -

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
				<i>adic</i> dalam pola data geofisika, <i>adelic physics</i> , dan teori permainan evolusioner.
2	<u>Advanced Research in Naval Engineering</u>	Anthony A. Ruffa & Bourama Toni (Ruffa & Toni, 2022)	20 December 2018	Volume ini menyajikan aplikasi matematika dalam teknik angkatan laut yang menampilkan pendekatan yang lebih holistik dengan melampaui batas-batas ilmiah serta menyajikan instrumen dan model interdisipliner pada berbagai topik. Setiap bab memberikan penekanan

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
				khusus pada metode penelitian dan aplikasi analisis di lapangan. Topik-topik yang disajikan diantaranya adalah struktur kupu-kupu FFT, <i>impedansi</i> akustik piston dalam media dua lapis, pelacak <i>batch</i> deterministik, persamaan <i>spline</i> , dst.
3	<u>Quantum Foundations, Probability and Information</u>	Andrei Khrennikov, & Bourama Toni	26 December 2018	Volume ini menyajikan masalah kompleks dengan perspektif informasional, probabilistik, dan matematis

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
		(Khrennikov & Toni, 2018)		serta menampilkan model matematis baru dari fenomena kuantum dan subkuantum. Topik masalah yang disajikan adalah aplikasi persamaan diferensial parsial dalam teori medan kuantum, geometri diferensial, proses osilasi dan getaran, dan integral <i>Feynman</i> untuk fungsi potensial yang berkembang pesat.

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
4	<u>Mathematical Structures and Applications</u>	Toka Diagana & Bourama Toni (Diagana & Toni, 2017)	25 January 2019	Volume ini menyajikan penelitian aplikasi dalam struktur matematika terutama pada masalah topikal. Topik yang dibahas meliputi operator metrik dan <i>hermitisitas</i> umum, <i>Semi-frames</i> , operator <i>Hilbert-Schmidt</i> , Aksi <i>symplectic affine</i> , Gerakan <i>Brown Fractional</i> , <i>metrik Walker Osserman</i> , Persamaan <i>Maxwell</i> Nonlinier, Model

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
				<i>Yukawa, Observable Heisenberg, dst.</i>
5	<u>Modern Statistical Methods for Spatial and Multivariate Data</u>	Norou Diawara (Ruffa & Toni, 2022)	11 July 2019	Volume ini menyajikan model dan metode statistik untuk data spasial dan multivariat. Topik masalah mencakup aspek <i>spatio-temporal</i> , teknik klasifikasi, hasil multivariat dengan data nol dan dua kali lipat, pemodelan pilihan diskrit, distribusi kopula, dan solusi algoritme yang layak.

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
6	<u>Quantum-Like Models for Information Retrieval and Decision-Making</u>	Diederik Aerts, Andrei Khrennikov, Massimo Melucci, & Bourama Toni (Khrennikov et al., 2019)	20 September 2020	Volume ini menyajikan integrasi metode kuantum yang luas dengan pengalaman dunia nyata pada ilmu komputer. Topik masalah meliputi pemodelan berbasis informasi-probabilitas kuantum di bidang-bidang pencarian informasi; akses informasi kuantum interaktif; jaringan saraf konvolusi dalam; pengambilan keputusan, dinamika

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
				kuantum; sistem kuantum terbuka; dan teori probabilitas kontekstual.
7	<u>Advanced Mathematical Methods in Biosciences and Applications</u>	Faina Berezovskaya & Bourama Toni (Giusti & Mainardi, 2019)	01 October 2020	Volume ini menyajikan penelitian biologi matematika dan biomedis. Topik berfokus pada metode matematika tingkat lanjut tentang analisis matematis model quasispecies, persamaan Arnold's weak resonance, analisis <i>bifurcation</i> , model <i>Tonnelier-Gerstner</i> , dst.

No	Judul	Editor	Terbit	Deskripsi
8	<i>Pattern Recognition Techniques Applied to Biomedical Problems</i>	Martha Refugio Ortiz-Posadas (Ortiz-Posadas, 2020)	01 March 2021	Volume ini menyajikan teknik pengenalan pola, diagnosis, prognosis pada bidang biomedis. Topik masalah multidisiplin memadukan komputasi, matematika, dan ilmu teknis lainnya untuk pengembangan alat dan metodologi komputasi yang dapat diterapkan pada proses analisis informasi medis untuk menentukan diagnosis dan