

INOVASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Tatag Yuli Eko Siswono
FMIPA UNESA Surabaya

ABSTRAK

Revolusi Industri 4.0 memerlukan generasi yang memiliki kemampuan memecahkan masalah, berpikir kritis, berpikir kreatif, inovatif, adaptif, mampu bekerjasama dan berkomunikasi, serta menguasai teknologi berbasis internet. Kemampuan tersebut dicapai dengan pendidikan yang memuat aktivitas pembelajaran berbasis teknologi dan pemecahan masalah yang humanistik. Pembelajaran matematika sebagai salah satu penopang perkembangan teknologi tidak akan lepas dari dinamika dan tantangan tersebut. Pembelajaran matematika perlu memfokuskan aktivitas pembelajaran yang mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skill*), komunikasi, kolaborasi, dan literasi teknologi. Tulisan ini akan mendeskripsikan pembelajaran-pembelajaran matematika yang memiliki karakteristik tersebut dan bertujuan mengembangkan kebutuhan abad revolusi industri 4.0.

Kata kunci: revolusi industri 4.0, pembelajaran matematika, kritis, kreatif, dan literasi.

PENDAHULUAN

Dunia itu berubah tidak bisa dipungkiri lagi. Kemudahan dan kenyamanan saat ini berbeda dengan masa lalu. Kalau dulu asyik pergi tamasya di pantai dengan menggelar tikar dan bercanda, mengobrol, maka saat ini akan lebih asyik dengan gadget ditangan memainkan game atau *browsing* dan memberi “like” atau “comment” postingan teman yang di pantai lain. *Phubbing* istilahnya. *Phubbing* merupakan istilah tindakan acuh tak acuh terhadap seseorang dalam sebuah lingkungan karena lebih fokus pada gadget daripada berkomunikasi atau mengobrol dengan sekitarnya. Perkembangan *smartphone* dijadikan kambing hitam pemicu kondisi itu. Kemajuan teknologi informasi merupakan tanda suatu era yang disebut era revolusi industri 4.0 (RV 4.0).

Revolusi Industri 4.0 adalah suatu kecenderungan perubahan mendasar pada dunia industri yang menggabungkan teknologi otomatisasi dengan teknologi cyber. Teknologi pada pada industri 4.0 merupakan teknologi manufaktur yang

sudah masuk pada tren otomatisasi dan pertukaran data. Hal tersebut mencakup sistem cyber-fisik (*Cyber-Physic Systems* (CPS)), *internet of things* (IoT), komputasi awan (*cloud computing*), dan komputasi kognitif. *Cyber-physical system* merupakan sistem yang memungkinkan terhubungnya alat yang berbentuk fisik dengan jaringan internet. Selain itu sistem ini memungkinkan adanya kontrol dan respons dari internet kepada mesin berbentuk fisik melalui *actuator* dan sensor. *Actuator* merupakan alat kendali yang dapat digunakan untuk mengontrol penggunaan sebuah alat dari jarak jauh (<https://forbil.org>.; 2019). *Internet of Thing* (IoT) merupakan suatu konsep yang meninjau suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems* (MEMS), dan Internet. (<https://idcloudhost.com/mari->

[mengenal-apa-itu-internet-thing-iot/](#);

2019). Komputasi awan (*cloud computing*) adalah gabungan pemanfaatan teknologi komputer (komputasi) dan pengembangan berbasis internet. *Cloud Computing* merupakan abstraksi dari infrastruktur kompleks yang disembunyikan dalam internet. (https://id.wikipedia.org/wiki/Komputasi_awan; 2019).

Komputasi kognitif (*cognitive computing*) merupakan sebuah simulasi dari proses *pemikiran manusia ke dalam bentuk dan model terkomputerisasi atau terkomputasi*. Komputasi kognitif melibatkan *sistem belajar (self-learning) mandiri dalam sebuah sistem* yang menggunakan data mining, pengenalan pola dan pengolahan bahasa pemrograman untuk meniru cara kerja otak manusia dalam sebuah sistem. Tujuan dari komputasi kognitif adalah untuk menciptakan sistem IT yang secara otomatis mampu memecahkan masalah tanpa memerlukan bantuan manusia. Sistem komputasi kognitif menggunakan *algoritma pembelajaran mesin*. Sistem akan terus memperoleh pengetahuan dari data yang dimasukkan dengan proses data mining untuk mengelola dan mendapatkan informasi. Komputasi kognitif digunakan dalam berbagai sistem dan aplikasi kecerdasan buatan (AI) termasuk sistem pakar, bahasa pemrograman, jaringan saraf tiruan, robotika dan virtual reality (<https://www.herisonsurbakti.com/2016/02/sekilas-mengenai-cognitive-computing.html>.; 2019).

Prinsip pada revolusi industri 4.0 meliputi 4 aspek berikut (https://id.wikipedia.org/wiki/Industri_4.0.; 2019) yaitu:

1. **Interoperabilitas (kesesuaian)**; kemampuan mesin, perangkat, sensor, dan manusia untuk terhubung dan saling berkomunikasi satu sama lain melalui media **internet** untuk segalanya (IoT) atau internet untuk khalayak (IoT).
2. **Transparansi Informasi**; kemampuan sistem informasi untuk menciptakan salinan dunia fisik secara virtual dengan memperkaya model pabrik digital dengan data sensor.
3. **Bantuan Teknis**; pertama kemampuan sistem bantuan untuk membantu manusia mengumpulkan data dan membuat visualisasi agar dapat membuat keputusan yang bijak. Kedua, kemampuan sistem siber-fisik untuk membantu manusia melakukan berbagai tugas yang berat, tidak menyenangkan, atau tidak aman bagi manusia.
4. **Keputusan Mandiri**; kemampuan sistem siber-fisik untuk membuat keputusan dan melakukan tugas semandiri mungkin.

Revolusi industri 4.0 yang membawa banyak perubahan perlu disikapi sebagai suatu **tantangan** yang harus dihadapi, terutama dalam pendidikan matematika. Menghadapi kondisi tersebut diperlukan suatu karakter mental yang kuat. Karakter positif ini tidak lekang dari masa ke masa. Karakter tersebut berupa karakter moral dan karakter kinerja. Karakter moral adalah atribut mental yang dimiliki seseorang berupa nilai-nilai kebaikan yang bersifat universal seperti jujur, komitmen, bertanggung jawab, empati, atau ikhlas. Karakter kinerja merupakan

atribut mental yang diperlukan dalam bekerja atau bermasyarakat seperti disiplin, leadership, ulet, inisiatif, teguh, pantang menyerah, tekun, atau pekerja keras. Karakter tersebut akan melekat dan menjadi suatu kebiasaan (habituasi) jika seseorang tersebut memiliki keunggulan kompetensi.

Kompetensi dapat dipandang sebagai pengetahuan, kemampuan, keterampilan, sikap, atau nilai-nilai yang ditunjukkan dalam kapasitas berpikir, bertindak, menginterpretasi, maupun memprediksi suatu kondisi atau masalah secara dinamis, fleksibel, kontinu, konsisten, dan efektif. Kompetensi yang diperlukan masa kini adalah kemampuan memecahkan masalah, berpikir kritis, berpikir kreatif, bekerjasama, dan berkomunikasi. Selain kompetensi tersebut juga diperlukan literasi yang diperlukan untuk menghadapi tantangan abad 21. Literasi tidak sekedar literasi baca, tulis, dan hitung tetapi meliputi literasi media, literasi informasi, dan literasi teknologi.

Pembelajaran matematika perlu mensinergikan dan mengakomodasikan kebutuhan tersebut dengan inovasi yang mutakhir. Bagaimana orientasi pembelajaran yang diperlukan?

Bagaimana proses kegiatan pembelajaran yang diharapkan? Pertanyaan tersebut akan dibahas pada tulisan ini selanjutnya.

INOVASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA DI ERA INDUSTRI

Pendidikan sebenarnya bukan komoditas industri. Pendidikan dipersiapkan untuk membekali dan mewariskan karakter, nilai-nilai moral, pengetahuan, dan keterampilan/kecakapan hidup dari generasi ke generasi. Pendidikan tidak diperjual-belikan sebagaimana komoditas barang. Proses pendidikan merupakan jenis jasa yang dinilai dari kemanfaatannya dan nilai moral yang ditanamkan. Perkembangan teknologi dan era industri langsung maupun tidak langsung saling mempengaruhi dengan kemajuan pendidikan. Kegiatan utama dalam proses pendidikan terjadi di dalam pembelajaran di kelas.

Pembelajaran matematika juga mengalami perkembangan sejalan dengan perkembangan era industri. Prinsip-prinsip dan proses pembelajaran matematika di kelas dapat dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 1. Perkembangan Fokus Pembelajaran Matematika di Era Industri

Revolusi	Industri 1.0	Industri 2.0	Industri 3.0	Industri 4.0
Periode tahun	1700-1800an (1765-1840)	1800-1900an (1870)	1900-2000an (1969)	2000an-sekarang (2011-sekarang)
Penanda temuan	Sumber besi dan baja, mesin uap, minyak bumi, otomotif, produksi massal	Energy listrik, sintesis kimia, plastic, assembly line (lini produksi), ban berjalan (conveyor belt)	Energy nuklir, computer, teknologi informasi, robotic.	Informasi digital, internet of things, (IoT), <i>Big Data</i> , percetakan 3D, <i>Artificial Intelligence</i> (AI), kendaraan tanpa

				pengemudi, rekayasa genetika, robot dan mesin pintar
Peran guru	Instruktur, sumber pengetahuan utama	Instruktur-fasilitator, sumber pengetahuan	Fasilitator, motivator, guru bukan sumber utama.	Motivator, collaborator, guru terlibat penemuan, konektor
Kedudukan siswa	Penerima pasif, meniru (imitasi)	Aktif, konstruksi pengetahuan dengan bimbingan	Aktif, konstruksi pengetahuan, penemuan	Aktif, bekerjasama terlibat penemuan, konstruksi pengetahuan
Fokus tujuan pembelajaran matematika	Pemahaman konsep, aplikasi konsep	Aplikasi konsep, pemecahan masalah	Pemecahan masalah, Penalaran matematis, pemanfaatan teknologi	Pemecahan masalah, penalaran kritis, kreatif, pemanfaatan internet, koneksitas, nilai-nilai universal, glocalisasi
Kegiatan pembelajaran	Mekanistik, berpusat pada guru	Penemuan terbimbing, aktivitas kelompok	Inkuiri, kerjasama tim, kooperatif, investigasi	Inkuiri, pembelajaran berorientasi masalah, literasi teknologi,

Inovasi diperlukan untuk menghadapi tantangan RI 4.0. Inovasi adalah suatu proses atau hasil pengembangan pemanfaatan suatu produk maupun sumber daya yang telah ada sebelumnya, sehingga memiliki nilai yang lebih berarti. Inovasi pembelajaran matematika dimaksudkan sebagai pembaharuan, pengembangan, atau perekayasaan yang dilakukan untuk pengembangan penerapan praktis nilai dan konteks pendidikan matematika yang baru, atau pun cara baru untuk menerapkan aspek-aspek pendidikan matematika dan teknologi yang berkembang di masyarakat.

Karakteristik umum pembelajaran matematika di era revolusi industri 4.0 yang perlu diperhatikan adalah:

1. Orientasi pembelajaran menempatkan siswa sebagai penemu (*inquirer*) dan pemecah masalah bukan hanya penerima fakta-fakta dan prosedur-prosedur;
2. Memberi kesempatan siswa untuk saling membantu dalam memecahkan masalah dengan berbagai teknik dan memungkinkan menggunakan teknologi;
3. Belajar berbagai macam cara untuk menyelesaikan masalah termasuk pemanfaatan teknologi informasi dan

- berkomunikasi dengan berbagai metode;
4. Memberikan apresiasi penemuan siswa sendiri, ide rancangan teknologi terkait masalah matematika, dan usaha keras (*endeavor*) dari seorang pebelajar;
 5. Menggunakan konteks masalah-masalah local sebagai wujud glokalisasi, literasi teknologi, dan nilai-nilai kearifan lokal;
 6. Menggunakan berbagai teknik penilaian yang fleksibel dengan pemanfaatan teknologi internet, seperti google classroom, Edmodo, turnitin;
 7. Mengembangkan suatu pemahaman dan apresiasi terhadap ide-ide besar matematika yang merupakan warisan sejarah dan budaya serta perannya dalam sains, teknologi, engineering, dan seni;
 8. Membantu siswa melihat matematika sebagai studi tentang keindahan, kreativitas, dan interkoneksi dalam bidang lain seperti sains, teknologi, engineering, dan seni;
 9. Peran guru tidak sekedar fasilitator, tetapi motivator dan kolaborator dalam menemukan penyelesaian masalah. Guru sebagai bagian pebelajar di dalam kelas dan bukan sumber belajar satu-satunya. Guru mendorong koneksi dengan dunia luar dalam belajar dengan memanfaatkan teknologi informasi dan memanfaatkan konteks maupun kearifan lokal untuk tema masalah yang akan diselesaikan.
 10. Merancang pembelajaran matematika yang mengembangkan sikap percaya diri, koneksi, bekerjasama, kreatif, fleksibel, kritis, adaptif, inovatif, dan menantang (*curiosity*);

11. Mengajarkan materi-materi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, dan menunjang literasi seperti dalam sains, bisnis, ekonomi, atau teknik.

Karakteristik tersebut dalam implementasinya di kelas dapat menggunakan berbagai model atau pendekatan pembelajaran sesuai situasi dan kondisi siswa, termasuk materi yang dipelajarinya. Tidak ada suatu strategi atau metode pembelajaran yang dapat efektif dan efisien di segala situasi. Bahkan pemanfaatan teknologi di suatu sekolah diperlukan penyesuaian-penyesuaian dengan kondisi siswa dan kemampuan sekolah. Apalagi Indonesia memiliki variasi wilayah dan budaya serta sumber daya yang berbeda. Namun demikian, bukan berarti menjadi alasan untuk menolak perkembangan teknologi informasi yang semakin cepat dan tanpa disadari mengubah budaya dan cara pandang dalam pembelajaran saat ini.

PEMECAHAN MASALAH, BERPIKIR KRITIS, BERPIKIR KREATIF, KOMUNIKASI, DAN KOLABORASI DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Di era revolusi industri 4.0 pemanfaatan teknologi informasi digital seperti smartphone, internet, atau artificial intelligence (AI) merupakan hal yang rasional diterapkan dalam pembelajaran. Namun demikian, yang tidak kalah penting adalah keterampilan-keterampilan yang diperlukan dalam menghadapi era yang cepat berubah dan kompleks tersebut. Keterampilan tersebut adalah berpikir kreatif dan inovatif, berpikir kritis dan pemecah masalah, komunikasi, dan kolaborasi.

Tabel 2. Orientasi Pembelajaran Matematika di Era RV 4.0

Aspek Orientasi Revolusi industri 4.0 Pembelajaran	
Orientasi Belajar	Berbasis Masalah (pemecahan dan pengajuan masalah)
Konteks masalah/isu	glokak, global, terkait teknologi, kontekstual
Tujuan pembelajaran	Pemecahan masalah, berpikir kritis, berpikir kreatif, berpikir adaptif, bekerjasama (kolaborasi), dan komunikasi efektif.
Aktivitas pembelajaran	Pembelajaran inkuiri, berbasis masalah, investigasi, kooperatif, berbasis STEAM (science, technology, engineering, art, and mathematics), pengajuan dan pemecahan masalah, pembelajaran realistic, blended learning, dan pemanfaatan teknologi informasi, media, dan komunikasi (ICT).
Penilaian	Nilai tambah produk, kemanfaatan (outcome), apresiasi pada penemuan dan usaha keras tidak sekedar benar-salah, digitalisasi, dan pemeriksaan plagiasi
Tugas-tugas lanjutan	Pengakuan global, publikasi, jurnal, pengakuan karya

Berpikir kritis dan berpikir kreatif merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) yang dapat dicapai melalui tugas pemecahan masalah dan/atau pengajuan masalah. Pemecahan masalah (*problem solving*) menjadi fokus kurikulum mata pelajaran matematika di berbagai negara. Dalam kurikulum Amerika, seperti tercantum dalam *Principles and Standards for schools Mathematic* (2000:21) menyebutkan bahwa pemecahan masalah merupakan salah satu standar proses dalam kurikulum selain penalaran dan pembuktian, komunikasi, koneksi dan representasi. Kurikulum Indonesia sejak tahun 1968 sudah menyebutkan kata keterampilan pemecahan masalah sebagai kemampuan yang perlu dibekali pada siswa. Kurikulum 2006 sampai sekarang menempatkan pemecahan masalah sebagai salah satu pendekatan penyelesaian suatu masalah maupun

strategi pembelajaran dalam menyampaikan materi matematika. Pemecahan masalah juga dipandang sebagai salah satu paradigma dalam meninjau hakekat matematika. Pemecahan masalah merupakan suatu bentuk keyakinan seseorang terhadap matematika. Keyakinan tersebut didasarkan pada pandangan bahwa matematika merupakan aktivitas manusia sehingga konsep-konsep maupun prinsip-prinsip terjadi/terbentuk berdasarkan usaha manusia untuk memecahkan masalah kehidupan yang nyata. Proses-proses tersebut berkembang berdasarkan kemajuan pemikiran manusia yang berinteraksi dalam kehidupan.

Suatu soal matematika dapat dikategorikan menjadi soal yang termasuk masalah atau bukan masalah. Soal yang merupakan masalah sering dinamakan soal non rutin atau soal non standar. Soal rutin atau standar adalah soal yang

umumnya digunakan sebagai soal latihan atau penguatan setelah prosedur penyelesaian atau algoritma standarnya diketahui siswa. Tujuan diberikan soal ini untuk memantapkan konsep atau materi yang dipelajari.

Pemecahan masalah merupakan suatu proses atau upaya seorang individu untuk merespon atau mengatasi halangan atau kendala-kendala ketika suatu jawaban atau metode jawaban belum nampak jelas. Pemecahan masalah merupakan aktivitas interdisipliner dan tidak dapat dipisahkan sebagai suatu unit atau pokok bahasan tersendiri dalam matematika. Langkah pemecahan masalah meliputi memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, dan memeriksa kembali. Pemecahan masalah diajarkan dan secara eksplisit menjadi tujuan pembelajaran matematika dan tertuang dalam kurikulum matematika, karena pemecahan masalah memiliki manfaat (Pehkonen, 1997), yaitu: (1) mengembangkan keterampilan kognitif secara umum, (2) mendorong kreativitas, (3) pemecahan masalah merupakan bagian dari proses aplikasi matematika, dan (4) memotivasi siswa untuk belajar matematika. Kegiatan yang terkait dengan pemecahan masalah adalah pengajuan masalah.

Istilah 'problem posing' atau pengajuan masalah terkadang dapat dipertukarkan dengan perumusan masalah atau penemuan masalah. Perumusan masalah terkait dengan pemecahan masalah dan penemuan masalah dalam seni terjadi sebagian sebagai hasil dari disposisi kreatif umum atau Dillon dikutip dalam Stoyanova dan Ellerton (1996) mendefinisikan "penemuan masalah sebagai proses yang menghasilkan masalah untuk dipecahkan."

Duncer, sebagaimana dikutip oleh Stoyanova dan Ellerton (1996), mencatat bahwa problem posing telah dipandang sebagai generasi masalah baru atau reformulasi masalah yang diberikan. Problem posing melibatkan generasi masalah dan pertanyaan baru untuk mengeksplorasi tentang situasi tertentu, serta perumusan ulang masalah selama menyelesaikannya (Silver, 1997). Problem posing menekankan pada memiliki siswa untuk menghasilkan dan mengembangkan masalah matematika mereka sendiri dari situasi tertentu atau atas dasar pengalaman pemecahan masalah mereka (Sheets & Cifarelli, 2009).

Silver (1994) memperkenalkan bahwa istilah "problem posing" umumnya diterapkan pada tiga bentuk aktivitas kognitif matematis yang cukup berbeda: (a) pre solution posing, di mana yang menghasilkan masalah awal dari situasi stimulus yang disajikan; (b) solusi-dalam berpose, di mana seseorang merumuskan suatu masalah ketika sedang dipecahkan; dan (c) pos solusi posing, di mana satu memodifikasi tujuan atau kondisi dari masalah yang sudah dipecahkan untuk menghasilkan masalah baru. Stoyanova dan Ellerton (1996) mengidentifikasi tiga kategori situasi problem-posing: bebas, semi-terstruktur, atau terstruktur. Dalam situasi bebas, siswa mengajukan masalah tanpa batasan: siswa diminta untuk menyelesaikan masalah matematika dari situasi tertentu. Situasi problem posing semi-terstruktur mengacu pada situasi di mana siswa "diberikan situasi terbuka dan diundang untuk mengeksplorasi struktur situasi itu dan untuk menyelesaikannya dengan menggunakan pengetahuan, keterampilan, konsep dan hubungan dari pengalaman matematika sebelumnya".

Akhirnya, situasi problem-pose yang terstruktur merujuk pada situasi di mana siswa mengajukan masalah dengan memformulasi ulang masalah yang telah diselesaikan atau dengan memvariasikan kondisi atau pertanyaan dari masalah yang diberikan. Menggabungkan kategori dari Styanova & Ellerton (1996) dan Silver (1994), Pittalis, Christou, Mousoulides, dan Pitta-Pantazi (2004) mengusulkan lima kategori masalah posing tugas, yaitu (a) masalah secara umum (situasi bebas), (b) masalah dengan jawaban yang diberikan, (c) masalah yang mengandung informasi tertentu, (d) pertanyaan untuk situasi masalah, dan (e) masalah yang sesuai dengan perhitungan yang diberikan.

Cars (dalam Siswono, 2018) menyatakan bahwa secara umum, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah dalam bentuk soal cerita adalah setiap siswa diminta membuat soal atau pertanyaan. Hal tersebut tidak hanya berlaku pada soal cerita saja, tetapi juga pada masalah dalam matematika lainnya. Cara yang disarankan oleh Cars ini disebut sebagai pengajuan masalah atau *problem posing*. Silver and Cai (1996) yang menyatakan bahwa meminta siswa terlibat dalam aktivitas yang terkait dengan pengajuan masalah/soal (sering sederhana seperti menulis kembali soal cerita) mempunyai pengaruh positif terhadap kemampuan memecahkan masalah dan sikap mereka terhadap matematika. Sehingga dapat dikatakan bahwa *problem posing* dapat digunakan dalam upaya meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah.

Dalam pembelajaran matematika, *problem posing* menempati posisi yang

strategis. *Problem posing* dikatakan sebagai inti terpenting dalam disiplin matematika dan dalam sifat pemikiran penalaran matematika. English (dalam Siswono, 2018) menjelaskan bahwa *problem posing* dapat membantu siswa dalam mengembangkan keyakinan dan kesukaan terhadap matematika, sebab ide-ide matematika siswa dicobakan untuk memahami masalah yang sedang dikerjakan dan dapat meningkatkan performanya dalam pemecahan masalah. *Problem posing* juga sebagai sarana komunikasi matematika siswa dalam pembelajaran. Kontorovich dkk. (dalam Rahman, 2013) mengatakan bahwa pengajuan masalah (*problem posing*) adalah kategori khusus dari pemecahan masalah (*problem solving*). Hal ini berarti bahwa pengajuan masalah dan pemecahan masalah tidak dapat dipisahkan. Siswa mengajukan masalah, dan selanjutnya dipecahkan oleh siswa sendiri.

Problem posing memiliki beberapa pengertian. Siswono (2018) membagi pengertian *problem posing* menjadi tiga. Pertama, *problem posing* ialah perumusan masalah (soal) sederhana atau perumusan ulang masalah yang ada dengan beberapa perubahan agar lebih sederhana dan dapat dikuasai. Hal ini terjadi dalam pemecahan soal-soal yang rumit. Pengertian ini menunjukkan bahwa pengajuan masalah merupakan salah satu langkah dalam rencana pemecahan masalah. Kedua, *problem posing* ialah perumusan masalah (soal) yang berkaitan dengan syarat-syarat pada masalah yang telah dipecahkan dalam rangka pencarian alternatif masalah yang relevan. Ketiga, *problem posing* ialah perumusan masalah (soal) atau pembentukan masalah dari suatu situasi yang tersedia, baik dilakukan sebelum,

ketika atau setelah pemecahan suatu masalah.

Dunlap (2001) menjelaskan bahwa pengajuan masalah sedikit berbeda dengan pemecahan masalah, tetapi masih merupakan suatu alat valid untuk mengajarkan berpikir matematis. Moses (dalam Dunlap, 2001) membicarakan berbagai cara yang dapat mendorong berpikir kreatif siswa menggunakan pengajuan masalah. Pertama, memodifikasi masalah-masalah dari buku teks. Kedua, menggunakan pertanyaan-pertanyaan yang mempunyai jawaban ganda. Masalah yang hanya mempunyai jawaban tunggal tidak mendorong berpikir matematika dengan kreatif, siswa hanya menerapkan algoritma yang sudah diketahui.

Silver (1997) menjelaskan hubungan kreativitas (produk berpikir kreatif) dengan pengajuan masalah dan pemecahan masalah. Menurutnya berdasar observasi, hubungan kreativitas terutama tidak hanya pada pengajuan masalah sendiri tetapi lebih kepada saling pengaruh antara pemecahan masalah dan pengajuan masalah. Keduanya, proses dan produk kegiatan itu dapat menentukan sebuah tingkat kreativitas dengan jelas. Dengan demikian, untuk melihat kemampuan atau tingkat berpikir kreatif tidak cukup dari pengajuan masalah saja, tetapi gabungan antara pemecahan masalah dan pengajuan masalah. Oleh karena itu, dalam pembelajaran keduanya perlu dimunculkan secara bersama-sama, atau bergantian. Sedang indikator untuk menilai kreativitas menggunakan aspek kebaruan, kefasihan, dan fleksibilitas (Siswono, 2018). Kefasihan dalam pemecahan masalah mengacu pada kemampuan siswa memberi jawaban masalah yang beragam dan benar, sedang

dalam pengajuan masalah mengacu pada kemampuan siswa membuat masalah sekaligus penyelesaiannya yang beragam dan benar. Beberapa jawaban masalah dikatakan *beragam*, bila jawaban-jawaban tampak berlainan dan mengikuti pola tertentu, seperti jenis bangun datarnya sama tetapi ukurannya berbeda. Dalam pengajuan masalah, beberapa masalah dikatakan *beragam*, bila masalah itu menggunakan konsep yang sama dengan masalah sebelumnya tetapi dengan atribut-atribut yang berbeda atau masalah yang umum dikenal siswa setingkatnya. Misalkan seorang siswa membuat persegi panjang dengan ukuran berbeda, soal pertama menanyakan keliling persegi panjang dan soal kedua menanyakan luasnya. Fleksibilitas dalam pemecahan masalah mengacu pada kemampuan siswa memecahkan masalah dengan berbagai cara yang berbeda. Fleksibilitas dalam pengajuan masalah mengacu pada kemampuan siswa mengajukan masalah yang mempunyai cara penyelesaian berbeda-beda. Kebaruan dalam pemecahan masalah mengacu pada kemampuan siswa menjawab masalah dengan beberapa jawaban yang berbeda-beda tetapi bernilai benar atau satu jawaban yang “tidak biasa” dilakukan oleh individu (siswa) pada tingkat pengetahuannya. Beberapa jawaban dikatakan *berbeda*, bila jawaban itu tampak berlainan dan tidak mengikuti pola tertentu, seperti bangun datar yang merupakan gabungan dari beberapa macam bangun datar. Kebaruan dalam pengajuan masalah mengacu pada kemampuan siswa mengajukan suatu masalah yang berbeda dari masalah yang diajukan sebelumnya. Dua masalah yang diajukan *berbeda* bila konsep matematika atau konteks yang digunakan berbeda atau

tidak biasa dibuat oleh siswa pada tingkat pengetahuannya.

Cropley (dalam Haylock, 1997) menjelaskan bahwa terdapat paling sedikit dua cara utama menggunakan istilah kreativitas. Satu sisi, kreativitas mengacu pada suatu jenis khusus dari berpikir atau fungsi mental yang sering disebut berpikir divergen. Sisi lain, kreativitas digunakan untuk menunjukkan pembuatan (*generation*) produk-produk yang dipandang (*perceived*) kreatif, seperti karya seni, arsitektur atau musik. Dalam pengertian pengajaran anak-anak di sekolah, Cropley cenderung pada istilah pertama tersebut dan mengambil pendirian bahwa kreativitas adalah kemampuan untuk mendapatkan ide-ide, khususnya yang bersifat asli (*original*), berdaya cipta (*inventive*), dan ide-ide baru (*novelty*). Pendefinisian ini menekankan pada aspek produk yang diadaptasikan pada kepentingan pembelajaran, sehingga kreativitas ditekankan pada produk berpikir untuk menghasilkan sesuatu yang baru dan berguna. Jadi, kreativitas merupakan suatu produk berpikir (dalam hal ini berpikir kreatif) untuk menghasilkan suatu cara atau sesuatu yang *baru* dalam memandang suatu masalah atau situasi. Berpikir kreatif diartikan sebagai suatu kegiatan mental yang digunakan seorang untuk membangun ide atau gagasan yang “baru” (Ruggiero, 1998; Evans, 1991).

Selain berpikir kreatif, kemampuan berpikir kritis juga menjadi perhatian dalam pendidikan masa kini. Berpikir kritis adalah sebuah proses dalam menggunakan keterampilan berpikir secara efektif untuk membantu seseorang membuat sesuatu, mengevaluasi, dan mengaplikasikan keputusan sesuai dengan apa yang dipercaya atau

dilakukan. Beberapa keterampilan berpikir yang berkaitan dengan berpikir kritis adalah membandingkan, membedakan, memperkirakan, menarik kesimpulan, mempengaruhi, generalisasi, spesialisasi, mengklasifikasi, mengelompokkan, mengurutkan, memprediksi, memvalidasi, membuktikan, menghubungkan, menganalisis, mengevaluasi dan membuat pola (Siswono, 2018).

Seorang siswa dikatakan mampu berpikir kritis jika memiliki kemampuan dalam:

1. Memilih kata-kata dan frase yang penting dalam sebuah pernyataan dan akan didefinisikan secara hati-hati.
2. Membutuhkan keyakinan untuk mendukung suatu kesimpulan ketika dia dipaksa untuk menerimanya
3. Menganalisa keyakinan itu dan membedakan suatu fakta dari asumsi
4. Menentukan asumsi penting yang tertulis dan yang tidak tertulis untuk kesimpulan tersebut
5. Mengevaluasi asumsi-asumsi ini, menerima beberapa saja dan menolak lainnya
6. Mengevaluasi pendapat, menerima atau menolak kesimpulan
7. Terus menerus memeriksa kembali asumsi yang telah dilakukan dan percaya sebelumnya

Berpikir Kritis diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga dalam pembelajaran di kelas perlu dikembangkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis masih sulit dikembangkan siswa. Pengembangan keterampilan berpikir kritis matematika disarankan dikaitkan dalam masalah dunia nyata. Berikut ini adalah contoh kegiatan yang

mengintegrasikan keterampilan berpikir kritis ke dalam dunia nyata.

1. Setelah membahas pembagian bahwa pembagi tidak boleh nol. Mengapa hal itu terjadi?
2. Setelah memecahkan masalah, dari masalah yang sudah diselesaikan diajukan pertanyaan bagaimana jika tidak seperti itu kondisinya apa yang terjadi? Bagaimana secara umumnya?
3. Setelah membahas makna bukti dalam geometri, siswa diminta untuk mendiskusikan hal-hal berikut: Seorang ilmuwan memberikan suatu senyawa yang ia ciptakan untuk 20 orang selama dua bulan. Tak seorang pun yang diserang rasa dingin selama dua bulan. Apakah Anda pikir ilmuwan membuktikan bahwa senyawa ini mencegah flu? Bagaimana hal ini berhubungan dengan arti bukti?
4. Setelah belajar tentang konvers, invers, dan kontraposisif, meminta siswa untuk memutuskan apakah kesalahan penalaran telah dibuat dalam mengikuti dan mendukung kesimpulan mereka tentang masalah berikut : ibu Katy memberitahunya, "Jika Anda tidak menjaga kamar anda bersih, maka Anda tidak akan mendapatkan wallpaper baru musim semi berikutnya. "Katy merasa selalu membersihkan kamarnya, dan merasa ibunya telah melanggar janji ketika dia tidak mendapatkan wallpaper baru.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan semangat siswa berpikir kritis yaitu dengan menciptakan suasana kelas di mana *siswa*

merasa nyaman mempertanyakan sesuatu, menantang, menanggukkan penilaian, dan menuntut alasan dan pembenaran karena mereka berhadapan dengan isi dunia nyata dan matematika. Ajukan pertanyaan yang merangsang siswa untuk memonitor, mengevaluasi, dan bertindak atas pemikiran mereka sendiri. Misalnya, Mintalah siswa untuk bekerja dalam kelompok untuk (a) Membahas situasi di bawah ini, (b) *Brainstorming* ide untuk memecahkan itu. (c) Menemukan solusi yang diterima semua, atau ini laporan minoritas, dan (d) Mendiskusikan pemikiran mereka untuk sampai pada keputusan: Tiga jalan raya berpotongan segitiga sama sisi melampirkan suatu daerah. Di mana menurut Anda adalah tempat terbaik di segitiga untuk membangun sebuah pabrik?

Ennis (1996) mengemukakan bahwa keterampilan berpikir kritis meliputi kemampuan-kemampuan sebagai berikut :

- (1) Mampu membedakan antara fakta yang bisa diverifikasi dengan tuntutan nilai.
- (2) Mampu membedakan antara informasi, alasan, dan tuntutan-tuntutan yang relevan dengan yang tidak relevan.
- (3) Mampu menetapkan fakta yang akurat.
- (4) Mampu menetapkan sumber yang memiliki kredibilitas.
- (5) Mampu mengidentifikasi tuntutan dan argumen-argumen yang ambiguistik.
- (6) Mampu mengidentifikasi asumsi-asumsi yang tidak diungkapkan.
- (7) Mampu mendeteksi bias.
- (8) Mampu mengidentifikasi logika-logika yang keliru.

- (9) Mampu mengenali logika yang tidak konsisten.
- (10) Mampu menetapkan argumentasi atau tuntutan yang paling kuat.

Karakteristik komunikasi pada abad 21 sebagai abad digital, tentu tidak lepas dari komunikasi digital. Komunikasi ini melewati batas wilayah negara dengan menggunakan perangkat teknologi yang semakin canggih. Internet sangat membantu manusia dalam berkomunikasi. Saat ini begitu banyak media sosial yang digunakan sebagai sarana untuk berkomunikasi. Melalui smartphone yang dimilikinya, dalam hitungan detik, manusia dapat dengan mudah terhubung ke seluruh dunia.

Komunikasi dapat diartikan sebagai pengiriman dan penerimaan pesan atau berita dari dua orang atau lebih agar pesan yang dimaksud dapat dipahami. Komunikasi matematis adalah proses menuangkan ide atau gagasan dan pemahaman matematis menggunakan angka, gambar, dan kata, dalam beragam komunitas termasuk didalamnya guru, teman sebaya, kelompok, atau kelas. Komunikasi matematika adalah cara untuk berbagi ide dan memperjelas pemahaman pada belajar matematika. Menurut NCTM (2000) dalam komunikasi matematika, ide datang dari proses pemecahan masalah menjadi objek refleksi, perbaikan, diskusi, dan perubahannya. Ketika siswa ditantang untuk memecahkan masalah, mereka akan memiliki kesempatan untuk memikirkan dan mencoba menyelesaikannya. Komunikasi adalah sebuah kegiatan mentransfer sebuah informasi baik secara lisan maupun tulisan.

Beberapa indikator-indikator kemampuan komunikasi matematis antara

lain; (1) menyatakan suatu situasi kontekstual maupun non kontekstual dalam bahasa, simbol-simbol, diagram, ide, atau model matematik; (2) menjelaskan ide, situasi, dan relasi matematika secara lisan atau tulisan; (3) mendengarkan, berdiskusi, dan menulis tentang situasi matematis; (4) membaca dengan memahami representasi matematika tertulis atau non tertulis; (5) mengungkapkan kembali suatu situasi, masalah matematis, atau penyelesaian soal dalam bahasa sendiri.

Kemampuan lain yang perlu dikembangkan adalah kerjasama atau kolaborasi. Kecakapan berkolaborasi ditunjukkan dengan kemampuannya dalam kerjasama berkelompok dan kepemimpinan, beradaptasi dalam berbagai peran dan tanggungjawab, bekerja secara produktif dengan yang lain, menempatkan empati pada tempatnya, menghormati perspektif berbeda. Siswa juga menjalankan tanggungjawab pribadi dan fleksibilitas secara pribadi, pada tempat kerja, dan hubungan masyarakat, menetapkan dan mencapai standar dan tujuan yang tinggi untuk diri sendiri dan orang lain, dan memaklumi kerancuan.

PENUTUP

Pembelajaran matematika pada era RI4.0 menuntut perubahan peran guru sebagai motivator, kolaborator, sekaligus fasilitator dalam kelas. Guru adalah seorang pembelajar juga di kelas. Orientasi tujuan pembelajaran ditekankan pada pengembangan karakter, kompetensi (kreatif, kritis, pemecah masalah, kolaborasi, & komunikasi), dan literasi (teknologi, data, manusia, matematis, finansial, membaca, sains, keuangan). Aktivitas pembelajaran mensinergikan dengan perkembangan teknologi dan

pemanfaatan budaya local yang dikembangkan secara global. Pembelajaran berorientasi masalah (pemecahan dan pengajuan masalah) dengan pendekatan pembelajaran STEAM, blended learning, berbantuan teknologi.

Perkembangan dan perubahan tersebut perlu diimbangi dengan literasi diri guru sebagai pendidik yang adaptif dan fleksibel, serta pebelajar selama-lamanya. Semoga bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dunlop, James. 2001. *Mathematical Thinking*.
<http://www.mste.uiuc.edu/courses/ci431sp02/students/jdunlap/WhitePaperII> Download 21 November 2003
- Ennis, Robert H. 1996. *Critical Thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Evans, James R. 1991. *Creative Thinking in the Decision and Management Sciences*. Cincinnati: South-Western Publishing Co.
- Haylock, Derek. 1997. *Recognising Mathematical Creativity in Schoolchildren*.
<http://www.fiz.karlsruhe.de/fiz/publications/zdm> ZDM Volum 29 (June 1997) Number 3. Electronic Edition ISSN 1615-679X. Download 6 Agustus 2002
- NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics. USA
- Pehkonen, Erkki 1997. *The State-of-Art in Mathematical Creativity*.
<http://www.fiz.karlsruhe.de/fiz/publications/zdm> ZDM Volum 29 (June 1997) Number 3. Electronic Edition ISSN 1615-679X. Download 6 Agustus 2002
- Pittalis, M., Christou, C., Mousoulides, N., & Pitta-Pantazi, D. 2004. A structural model for problem posing. In Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4, pp. 49-56).
- Ruggiero, Vincent R. 1998. *The Art of Thinking. A Guide to Critical and Creative Thought*. New York: Longman, An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc.
- Rahman, A. 2013. Pengajuan masalah matematika ditinjau dari gaya kognitif dan kategori informasi. *Jurnal Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Malang*, 19(2).
- Silver, Edward A and Cai, Jinfa. 1996. "An Analysis of Arithmetic Problem Posing By Middle School Students". *Journal For Research In Mathematics Education*, Volume 27. No. 5, p. 521-539
- Silver, E. A. 1994. On mathematical problem solving. *For the Learning of Mathematics*, 14(1), 19-28.
- Silver, Edward A. 1997. *Fostering Creativity through Instruction Rich in Mathematical Problem Solving and Thinking in Problem Posing*.
<http://www.fiz.karlsruhe.de/fiz/publications/zdm> ZDM Volum 29 (June 1997) Number 3. Electronic Edition ISSN 1615-679X. Download 6 Agustus 2002
- Siswono, Tatag Y.E. 2018. Pembelajaran Matematika Berbasis Pengajuan dan Pemecahan Masalah: Fokus Berpikir Kritis dan Berpikir

kreatif. Bandung: Remaja

Rosdakarya

Sheets, C., & Cifarelli, V. 2009..

Problem posing and problem
solving: A dynamic connection.

School Science and Mathematics,
109(5), 245-247.

Stoyanova, Elena, & Ellerton, Nerida F.

1996. A Framework for Research
into Students' Problem Posing in
School Mathematics, (Online),

([http://www.merga.net.au/docu-
ments/RP_Stoyanova_Ellerton_1996
.pdf](http://www.merga.net.au/documents/RP_Stoyanova_Ellerton_1996.pdf), diakses 20 November 2015).

https://id.wikipedia.org/wiki/Industri_4.0

,
[https://www.herisonsurbakti.com/2016/0](https://www.herisonsurbakti.com/2016/02/sekilas-mengenai-cognitive-computing.html)

[2/sekilas-mengenai-cognitive-
computing.html](https://www.herisonsurbakti.com/2016/02/sekilas-mengenai-cognitive-computing.html)

https://id.wikipedia.org/wiki/Komputasi_awan

[https://idcloudhost.com/mari-mengenal-
apa-itu-internet-thing-iot/](https://idcloudhost.com/mari-mengenal-apa-itu-internet-thing-iot/)

[https://forbil.org/id/article/159/cyber-
physical-system-remote-control-
era-revolusi-industri-40](https://forbil.org/id/article/159/cyber-physical-system-remote-control-era-revolusi-industri-40)