

Dinamika Sistem: Implementasi Berpikir Sistem dalam Paradigma Pendidikan berbasis STEAM

Indah Purwanti¹, Putri Rahadian Dyah Kusumawati²

^{1,2}IAIN Pekalongan

Email: indah.purwanti@iainpekalongan.ac.id¹

putri.rahadian.dyah.kusumawati@iainpekalongan.ac.id²

ABSTRACT

Advances in technological innovations such as artificial intelligence, robotics, and big data are already felt in our lives today. Information technology is spreading rapidly, in proportion to the fast pace of economic activity. Due to modernization that is happening today, there are various threats to human life, such as climate change, cybercrime, and damage to natural ecosystems. This development requires innovation in the education system so that humans can create a balanced life climate. STEAM is a new educational paradigm designed to elevate creativity, collaboration, and persistent problem-solving in a dynamic life. Thinking system is designed as a technique to help students understand phenomena in the dynamics of life. This technique invites students to analyze the root of the problem from a holistic point of view. The medium for understanding the systems thinking framework is system dynamics, where this computational model aims to simulate phenomena that occur in the real world. This paper aims to describe systems thinking and an introduction to systems dynamics (non-linear) analysis methods. Literature studies from various written and oral sources were used in collecting data. The result of this research is a new understanding of systems thinking by using the system dynamics method in analyzing a phenomenon that is the core of STEAM learning.

Keywords: Thinking System, Dynamic Sistem, Learning, STEAM

ABSTRAK

Kemajuan inovasi teknologi seperti artificial intelligence, robotics dan big data sudah terasa nyata di kehidupan kita saat ini. Teknologi informasi menyebar dengan cepat, sebanding dengan dengan aktivitas perekonomian yang juga berjalan cepat. Akibat modernisasi yang sedang terjadi saat ini, ada berbagai ancaman bagi kehidupan

manusia, seperti perubahan iklim, cyber crime, dan kerusakan ekosistem alam. Perkembangan ini membutuhkan inovasi dalam sistem pendidikan, agar manusia dapat menciptakan iklim kehidupan yang seimbang. STEAM adalah paradigma pendidikan baru yang dirancang untuk mengangkat kreativitas, kolaborasi dan ketekunan siswa dalam menyelesaikan masalah (problem-solving) jika mereka bertemu dengan dinamika kehidupan. Berpikir sistem dirancang sebagai teknik untuk membantu siswa memahami fenomena pada dinamika kehidupan tersebut. Teknik ini mengajak siswa untuk menganalisis akar masalah dari sudut pandang holistik. Media untuk memahami kerangka berpikir sistem adalah dinamika sistem, dimana model komputasi ini bertujuan untuk mensimulasikan fenomena yang terjadi pada dunia nyata. Paper ini bertujuan untuk mendeskripsikan cara berpikir sistem dan pengenalan metode analisis (nonlinear) dinamika sistem. Studi literatur dari berbagai sumber tertulis dan lisan digunakan dalam mengumpulkan data. Hasil dari penelitian ini adalah pemahaman baru akan berpikir sistem dengan menggunakan metode dinamika sistem dalam menganalisis sebuah fenomena yang menjadi inti dari pembelajaran STEAM.

Kata Kunci: Berpikir Sistem, Dinamika Sistem, Pendidikan, STEAM

PENDAHULUAN

Era revolusi industri 4.0 dan revolusi *society* 5.0 memberi dampak yang nyata dalam proses kehidupan manusia. Kemajuan teknologi, kecepatan proses informasi serta berbagai perubahan lain, termasuk dunia pendidikan. Perubahan ini berlangsung sangat cepat sehingga dapat memberikan peluang jika dapat memanfaatkan dengan baik, tetapi dapat menjadi bencana jika tidak dapat mengantisipasi dengan baik. Dengan kata lain diperlukan suatu paradigma baru dalam sistem pendidikan menghadapi tantangan baru di abad 21 ini.

Fokus baru dunia pendidikan saat ini tidak hanya membentuk manusia yang memiliki kecerdasan kognitif saja. Namun, tujuan pendidikan saat ini yaitu membentuk manusia yang berkarakter, mampu berkolaborasi dan

memanfaatkan berbagai bidang ilmu untuk memecahkan permasalahan. Pendidikan diharapkan memberikan keterampilan baik *soft skills* maupun *hard skills* kepada peserta didik untuk membentuk sumber daya manusia yang kompeten dan mampu bersaing secara internasional. Sistem pendidikan seharusnya diarahkan untuk membekali peserta didik dalam menyelesaikan masalah nyata yang multidisiplin (Zubaidah, n.d.)

Dalam rangka mendukung tujuan tersebut, pemerintah sedang mengupayakan pembaruan kurikulum untuk memperoleh generasi bangsa yang mampu dalam menghadapi era globalisasi. Hal ini sejalan dengan kurikulum 2013 yang juga sedang mengupayakan adanya keseimbangan dan kesinambungan antara *hard skills*, *soft skills* dan pengembangan karakter. Salah satu upaya pemerintah untuk mengembangkan manusia yang bisa mengintegrasikan sains dan teknologi yaitu melalui pembelajaran STEAM.

STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematic*) merupakan pendekatan pembelajaran maupun model pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam proses pembelajaran secara komprehensif guna memecahkan masalah (Bybee, 2013). STEAM merupakan hasil perkembangan dari STEM dengan menambahkan unsur "Art" di dalamnya. Namun, perubahan STEM menjadi STEAM tidak hanya untuk menambahkan komponen seni meliputi menggambar dan mewarnai melainkan agar membentuk pola berpikir kreatif siswa serta dalam mempelajari berbagai keterampilan di abad 21 (Lee, 2020). STEAM dapat diaplikasikan dalam berbagai tingkatan pendidikan mulai dari pendidikan anak usia dini, sekolah

dasar, sekolah menengah serta pendidikan tinggi. STEAM dapat diintegrasikan dengan model pembelajaran lain seperti *problem based learning*, *proyek based learning*, dan lainnya.

Pembelajaran STEAM merupakan sebuah pembelajaran yang kontekstual yang memberikan pelajaran kepada peserta tentang cara memahami peristiwa-peristiwa di sekitar mereka. Mereka berusaha memecahkan permasalahan yang mereka temukan dalam kehidupan sehari-hari melalui tahapan metode ilmiah. Tahapan dalam pembelajaran STEAM berbasis proyek yaitu menyampaikan permasalahan, menyusun/merancang rencana proyek, menguji produk hasil rancangan dan mengevaluasi. Keseluruhan tahapan tersebut membuat peserta didik yang terlibat dalam pembelajaran STEAM akan mengetahui cara bertanya, bereksperimen, dan berkreasi membuat sesuatu (Zubaidah, n.d.). Selain itu, penerapan pembelajaran STEAM telah teruji mampu mengembangkan kemampuan anak dalam berpikir kritis, analitis, percaya diri, produktif, tanggung jawab dan kreatif (Sa'ida, 2021). Oleh karena itu, STEAM dapat menjadi paradigma pembelajaran baru dalam berpikir.

Berpikir sistem (*systems thinking*) adalah sebuah pendekatan holistik yang mengedepankan kemampuan siswa/manusia dalam menganalisa fenomena kompleks, unsur-unsur yang saling berkaitan dan struktur yang mempengaruhi relasi tersebut. Dengan pendekatan ini siswa diharapkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, reflektif, logis dan kreatif (*High Thinking Skill*) dalam memahami situasi dunia nyata yang kompleks dan beragam (York *et al.*, 2019). Pendekatan berpikir sistem menggabungkan kemampuan berpikir siswa dengan model *engineering* dan matematika. Fenomena yang dikaji oleh

siswa juga kejadian yang terjadi di kehidupan nyata dengan menggabungkan rangkaian unsur-unsur dari fenomena yang diteliti dan hubungan matematis.

Berpikir sistem telah menjadi fokus penelitian pada ilmu pendidikan, pendidikan teknik dan teknologi Pendidikan, tetapi belakangan ini pendekatan berpikir sistem dapat diterapkan dalam berbagai rumpun keilmuan seperti biologi, kimia dan bahkan ilmu-ilmu sosial. Model atau assessmen pada pendekatan berpikir sistem tersebut kemudian dinamakan dinamika sistem. Dengan dinamika sistem, peserta didik sudah bisa menggambarkan secara sistematis hubungan antarunsur dalam diagram (*causal loop diagram*). Peserta didik juga diajak untuk menentukan secara matematis, apakah usur tersebut menambah atau mengurangi unsur yang lainnya. Hubungan tersebut ditandai dengan *feedback* negatif dan positif. Selbihnya peserta didik dapat mensimulasikan hubungan tersebut melalui aplikasi komputer dan menarasikannya lewat data yang tersaji dalam bentuk grafik.

Paper ini bertujuan untuk memberikan pandangan teoritis tentang berpikir sistem dan penerapannya dalam dinamika sistem dalam pembelajaran STEAM. Asumsi dasar dari penelitian ini adalah bahwa berpikir sistem dan dinamika sistem dapat memfasilitasi peserta didik dalam membentuk pola pikir yang holistik dan sistemik. Penelusuran teori dilakukan penulis untuk menemukan beberapa intisari dari pertanyaan penelitian sebagai berikut: (1). Apakah yang dimaksud dengan berpikir sistem dan hubungannya dengan proses pembelajaran? Dan (2). Bagaimana kegunaan dinamika sistem untuk membantu proses berpikir sistem peserta didik?

METODE

Peneliti menggunakan metode kualitatif untuk penelitian ini. Metode deskriptif-kualitatif menurut Bungin (2007:26) bertujuan untuk menggambarkan berbagai kondisi, situasi dan fenomena sosial yang ada di masyarakat yang menjadi objek penelitian dan berupaya menarik realitas itu ke permukaan sebagai suatu ciri, karakter, sifat, model, atau gambaran tentang kondisi, situasi maupun fenomena tertentu. Peneliti melakukan studi literatur dengan model kualitatif deduksi, yaitu teori menjadi alat penelitian sejak pemilihan dan perumusan masalah, membangun hipotesis dan melakukan pengamatan. Peneliti kemudian mengeksplorasi data yang berkaitan dengan rumusan masalah dan hipotesa yang telah dibangun di awal penelitian.

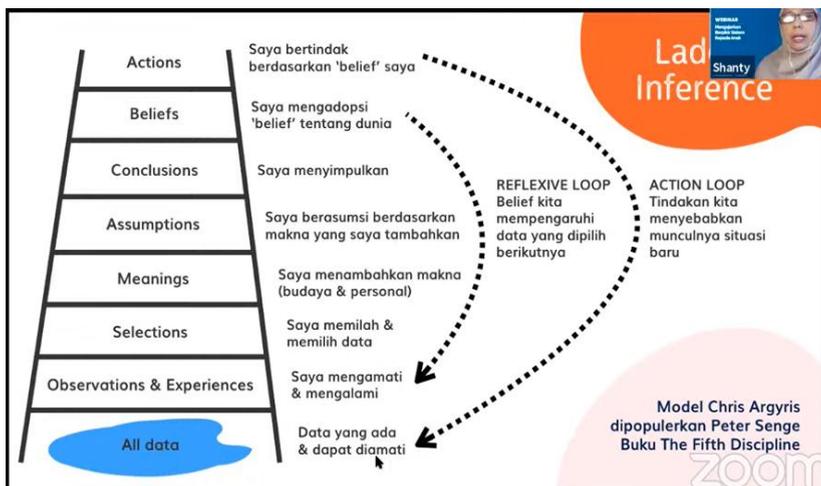
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berpikir Sistem dalam Paradigma STEAM

Paradigma STEM berdasarkan pada kepentingan program Pendidikan pasca berkembangnya ilmu pengetahuan semenjak berdirinya badan antariksa nasional (NASA) dan dalam menyongsong kebutuhan dari revolusi industry yang semakin cepat berinovasi dari waktu ke waktu. Pada awalnya, STEM ditunjukkan untuk siswa pada sekolah menengah atas, namun implementasi STEM pada siswa tersebut tidak memberikan dampak yang signifikan pada pola pikir mereka (Forrester 1992). Seiring perkembangan zaman, STEM menjadi basis dalam sistem Pendidikan K-12 dimana pola berpikir kritis siswa diasah selama 12 tahun masa aktif sekolah dari umur 7 tahun sampai 19 tahun (White, 2014).

Pola Pendidikan STEM saat ini diadaptasi oleh berbagai Lembaga Pendidikan di Amerika Serikat dengan menerapkan

konsep berpikir sistem pada siswa di sekolah menengah (Roychoudhury, 2017). Konsep ini kemudian dikembangkan sesuai tumbuh kembang anak. Ada beberapa tahapan yang harus dilalui siswa dalam berpikir sistem sesuai dengan tahapan perkembangan mental model anak. Chris Argyis dalam Senge (Shanty, 2021) mengilustrasikan tahapan tersebut dengan tangga. Pada pijakannya, ada data yang menjadi modal siswa untuk mengembangkan mental model. Tahapan selanjutnya adalah observasi dan pengamatan pada data tersebut, tahapan kemudian siswa melakukan pemilihan data, menambah makna, membuat asumsi dan berkesimpulan. Tahapan dari observasi sampai pembuatan kesimpulan pada pembuatan mental model memberikan *'beliefs'* pada fenomena yang diteliti siswa. Tahapan akhir adalah aksi, berdasarkan kepercayaan siswa pada fenomena yang diteliti. Dari tangga ini kita mendapat *'loop'* refleksi dan aksi. Aksi yang terjadi kemudian menjadi data kembali, yang menjadi basis penelitian siswa selanjutnya.

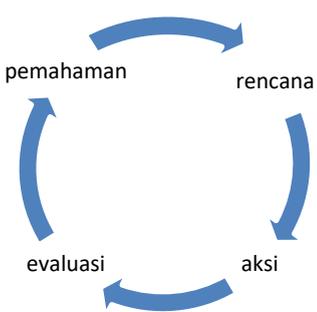
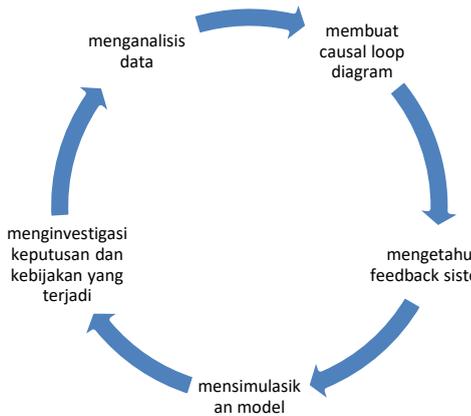


Gambar 1. Ladder Inference
(Shandy, 2021)

Target pembelajaran STEAM dan strategi berpikir sistem dalam teknik dinamika sistem berda dalam posisi seperti pada tabel berikut;

Tabel 1
Target Pendidikan STEM, Strategi Berpikir Sistem dan Teknik Dinamika Sistem

Target Pembelajaran STEM	Strategi Berpikir Sistem dan Teknik Dinamika Sistem
1. Berkomunikasi secara efektif,	Mendeskrripsikan sebuah sistem dengan sadar dan akurat yang tersaji dalam tulisan dan diagram atau grafik informasi lainnya.
2. Fokus kepada <i>inquiry</i> dan investigasi dalam kelompok,	Bekerja dalam kelompok untuk mengatasi masalah (<i>problem solving</i>), menginvestigasi/menelusuri bagaimana elemen-elemen dalam fenomena berubah untuk mendapatkan gambaran akan pola dan struktur dari fenomena tersebut.
3. Memahami beberapa konten yang berbeda,	Memahami struktur generik dan mengamati pola perubahan stuktur tersebut dalam situasi yang berbeda (periode waktu), mengidentifikasi manfaat dari pemahaman akan sturuktur dan sistem pada fenomena yang diteliti dan mengaplikasikan ilmu tersebut lintas kurikulum.
4. Mengambil pengetahuan dari fenomena dan mengapresiasi individu dan sistem sosial yang ada di dalamnya,	Melacak penyebab terjadinya perubahan dengan pertanyaan: mengapa dan bagaimana perubahan tersebut dapat terjadi, bangun model berdasarkan data dari individu dan sistem sosial yang bersangkutan dengan fenomena tersebut.

<p>5. Memiliki pemikiran berikut;</p> <p style="text-align: right;">alur sebagai</p> 	<p>Memiliki rangkaian analisis sebagai berikut:</p> 
<p>6. Menggunakan teknologi dan perhitungan matematis untuk menjabarkan konteks yang bersifat abstrak dan kuantitatif.</p>	<p>Menganalisis data dalam setiap periode waktu, mempelajari rates dan akumulasi pada model, menggunakan persamaan dan fungsi matematika.</p>
<p>7. Dapat merancang dan memahami model mental.</p>	<p>Memetakan stuktur dari sebuah sistem, menggunakan model komputasi untuk mensimulasikan scenario dengan pertanyaan 'bagaimana jika...', mengidentifikasi dan menganalisis model.</p>

Sumber: <http://static.clexchange.org/ftp/STEMStandards.pdf>, diakses 26 Agustus 2021.

Filosofi Dinamika Sistem

Jika kita mengamati sebuah fenomena, sebuah benda atau lingkup kultural masyarakat tertentu, maka itu adalah awal mula kita menggali kembali unsur-unsur yang membentuk fenomena/benda/lingkup kultural masyarakat tersebut. Sebut saja awalnya kita memperhatikan cincin

berlian, selain unsur pembentuk cincin berlian itu sendiri (yang mungkin akan dipelajari dalam mata pelajaran kimia dan seni), ada juga rangkaian aksi keputusan manusia (relasi sosial) yang terbangun dari keberadaan cincin tersebut. Pekerja tambang, ilmuwan yang mengolah berlian, pedagang berlian, seniman yang membuat berlian menjadi cincin yang indah, penjual cincin dan anda sendiri (barangkali) sebagai konsumen cincin berlian. Rangkaian hubungan ini dapat dijadikan sebuah model hubungan sebab akibat (*causal loop diagram*) dimana model ini dapat menggambarkan keterkaitan satu dengan yang lain.

Selain dari kaitan positif antara pelaku-pelaku pada usaha berlian tersebut, tentu setiap orang yang berada pada unsur tersebut dapat melakukan hal positif dan negatif yang nantinya akan berdampak pada sistem yang lain. Sebutlah, penambang berlian yang menggali bumi sampai rusak, ilmuwan yang menggunakan cairan berbahaya yang mungkin akan berpengaruh terhadap kesehatannya sendiri, seniman yang belum tentu desainnya menarik di mata manager pemasaran dan konsumen, dan pengaruh konsumen sendiri terkait keputusannya membeli berlian, apakah akan berpengaruh terhadap keuangan pribadi atau tidak.

Sering kali, kita secara tidak sadar dihadapkan dengan sesat pikir (*learning disabilities*) dalam menghadapi sebuah masalah atau fenomena dalam organisasi (Senge 1994:38-39), beberapa di antaranya sebagai berikut;

1. Terlalu fokus dengan sudut pandang pribadi, sehingga bersikap intoleran,
2. Menyalahkan sistem lain di luar dirinya,
3. Memiliki keputusan untuk 'berbuat proaktif' yang mungkin nanti akan menimbulkan masalah baru,

4. Tidak memahami permasalahan secara utuh, hanya melihat fenomena pada saat bermasalah,
5. Semakin masalahnya membesar, mereka tidak melihat dan meneliti proses dari awal secara seksama, terlalu sibuk bereaksi untuk membereskan masalah yang sedang terjadi,
6. Tidak belajar (bersama) dari kesalahan yang dilakukan,
7. Akan terjadi miskomunikasi antarpelaku, sehingga muncul kubu-kubu yang saling menyalahkan.

Menurut Senge (1994: 10) bahwa berpikir sistem memberikan pandangan yang lebih kompleks dan menyeluruh tentang sebuah sistem yang sedang bekerja, bagaimana stuktur fenomena terbentuk, pola kerja sistem dan reaksi sistem tersebut dari waktu ke waktu. Filosofi dari berpikir sistem adalah berpikir secara holistik, menyeluruh dan syarat sebab-akibat.

Sistem dinamik menurut Pranoto dan Ihsan (2020:72) adalah sebuah studi yang mengkaji perubahan keadaan sistem seiring berjalannya waktu dan ketergantungannya pada besaran-besaran lain. Dengan pendekatan numerik, secara teori dapat diperoleh semua nilai dari setiap variabel pada setiap saat dari sistem dinamik. Namun, secara analitik, dari suatu sistem dinamik dapat diselidiki besaran-besaran yang konstan atau tidak berubah terhadap waktu. Pembelajaran yang di dapat dari sistem dinamik bisa dilakukan dengan pendekatan numerik dan analitik yang dua-duanya dapat memberikan cerita dengan perspektif yang berbeda terhadap sebuah sistem yang diteliti.

Kedua pendapat di atas memberikan deskripsi bahwa dengan berpikir sistem, peserta didik diajak untuk

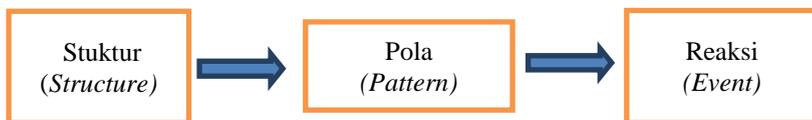
menelusuri rangkaian sebab akibat dari setiap fenomena dan dapat dijelaskan dengan pendekatan numerik (kuantitatif) dan analitik deskriptif (kualitatif).

Implementasi Dinamika Sistem

1. Konsep Dasar

Dinamika sistem (*system dynamic*) adalah sebuah alat yang menjelaskan tentang makna sebab akibat, serangkaian tes dari permodelan yang dirancang melalui data-data kualitatif (Reyes dan Andersen, 2003). Dinamika sistem bisa dikatakan sebagai sebuah metode yang mendeskripsikan memodelkan, mensimulasi dan menganalisis fenomena dinamika kompleks. Sistem yang dideskripsikan bergantung dari proses, informasi, organisasi, batasan (*boundary*), dan strategi tertentu (Pruyt, 2013). Dinamika sistem adalah sebuah teknik penelusuran fenomena kompleks dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Teknik ini bisa dikatakan sebagai alat implementasi dari pola berpikir sistem.

Kerangka pemikiran menggunakan metode dinamika sistem dapat digambarkan sebagai berikut;

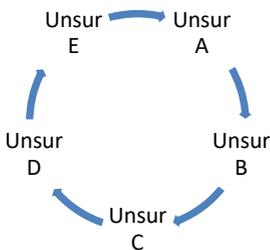


Gambar 2. Kerangka Pemikiran Dinamika Sistem
(Senge, 2003: 44)

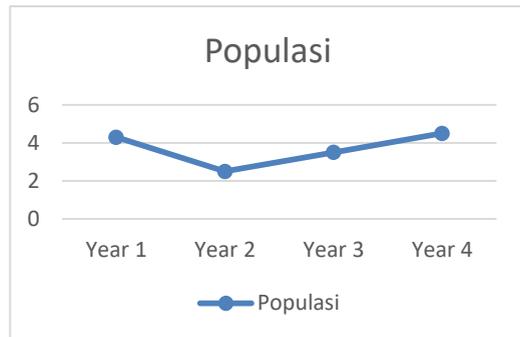
Struktur menunjukkan bahwa ada beberapa level penjelasan dari situasi yang kompleks, reaksi (*event*) adalah reaksi aktor-aktor yang berada dalam sistem tersebut, dengan kata lain siapa yang melakukan keputusan tersebut

dan ditunjukkan kepada siapa. Sedangkan pola (*pattern of behavior*) adalah melihat tren jangka panjang dan melihat implikasi yang diakibatkan dari sistem tersebut.

Jika kita kembangkan bagan di atas, maka akan didapat pemahaman baru seperti berikut:



Gambar 3.
Struktur Gambar



Gambar 4.
Pola dan Reaksi

Model *boundaries* dalam dinamika sistem sangat penting, sebab jika tidak diberikan batasan, maka model akan berkembang sehingga unsur endogen dan eksogen yang membentuk fenomena tersebut tidak terdeteksi. *Model boundaries* ini bisa diterapkan apabila siswa atau peneliti menentukan pertanyaan dengan mengajukan kata: mengapa dan bagaimana, dari suatu fenomena yang dipilih.

Untuk mengaplikasikan teknik ini, dibutuhkan kaidah-kaidah yang harus dipahami oleh pembuat model. Kaidah tersebut menurut Tasrif (2021) adalah; 1) *Feedback loop*, yang bersifat *interdependent* dan terkait hubungan sebab dan akibat antara yang satu unsur dengan unsur lainnya. 2) Adanya *stock (level)* dan *flow (rate)*. 3) Adanya *delay*. 4) Menggunakan fungsi nonlinear.

Dalam dinamika sistem, setiap fenomena terdiri dari *actual state* dan *desired state*. Dimana *actual state* adalah sistem yang diperoleh dari pengamatan *scientific*; yaitu pengamatan alam dan sumber lainnya yang bersifat alamiah. Sedangkan *desired state* adalah pengamatan yang dilakukan secara kualitatif yaitu dengan; mewawancarai penduduk sekitar, mengamati tren historic dan melakukan penelusuran actor terkait keputusan manusia/sekelompok masyarakat. Model dinamika sistem berdasarkan pada struktur dan perilaku. Dalam struktur dan perilaku yang menjadi permasalahan, ada unsur pembentuk dan pola keterkaitan antar unsur. Model yang dibuat tergantung pada data atau fakta dari fenomena nyata yang terjadi.

2. Penerapan Teknik Dinamika Sistem dalam Pembelajaran

Sebagai sebuah contoh penerapan pembelajaran sains, penulis akan memberikan contoh penerapan dinamika sistem dalam beberapa tahap seperti berikut;

Tahap pertama adalah memberikan '*warmer*' atau simulasi kepada siswa dengan memberikan berikan gambar, peristiwa atau studi kasus akan sebuah fenomena, misalkan perubahan iklim, epidemi atau kerusakan lingkungan (banjir, longsor, dsb). Simulasi ini merangsang peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan berhipotesis sampai mereka menemukan penjelasan, sebab-akibat dari fenomena yang muncul.

Tabel 2
 Simulasi Teknik Dinamika Sistem Tahap 1

Contoh: Memahami Populasi

Tahapan:

- a. Memberikan Warmer: Gambar populasi manusia,
 - b. Memberikan pertanyaan pancingan terkait gambar populasi,
 - c. Mengumpulkan respon/ argumen peserta didik, dan
 - d. Mengambarkan unsur-unsur terkait di papan tulis/ proyektor.
-

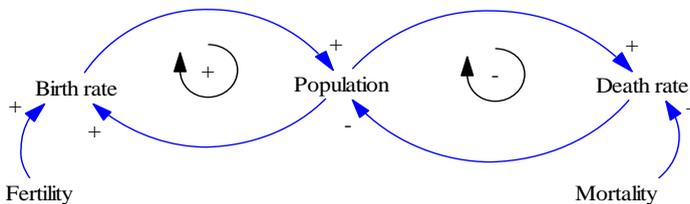
Tahap kedua adalah penyusun pola rancangan dari fenomena yang diamati, mendiskusikan unsur-unsur eksogen dan endogen, membuat pola CLD (*causal loop diagram*) dengan memberikan garis keterkaitan antar hubungan (*positive/negative feedback*).

Tabel 3
 Simulasi Teknik Dinamika Sistem Tahap 2

Contoh: Studi Kasus: Populasi

Tahapan:

- a. Memilah unsur-unsur pembentuk populasi dari peserta didik,
- b. Membuat hipotesis dan argument dari relasi unsur yang dibangun,
- c. Mengumpulkan respon/ argumen peserta didik, dan
- d. Mengambarkan pola hubungan unsur-unsur populasi dalam *causal loop diagram* (CLD), contohnya seperti berikut:



Tahap ketiga adalah pembuatan model komputasi, dengan menggunakan *software* Stella atau Vensim untuk mengaplikasikan model CLD yang telah dibuat kedalam model *stock flow diagram*. Model *stock flow diagram* adalah model simulasi komputasi dengan menggunakan pendekatan matematika dalam pembuatan modelnya.

Tabel 4
Simulasi Dinamika Sistem Tahap 3

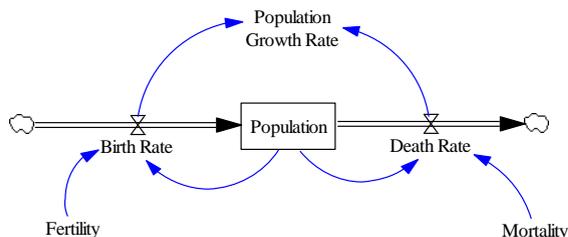
Contoh: Studi Kasus: Populasi

Tahapan:

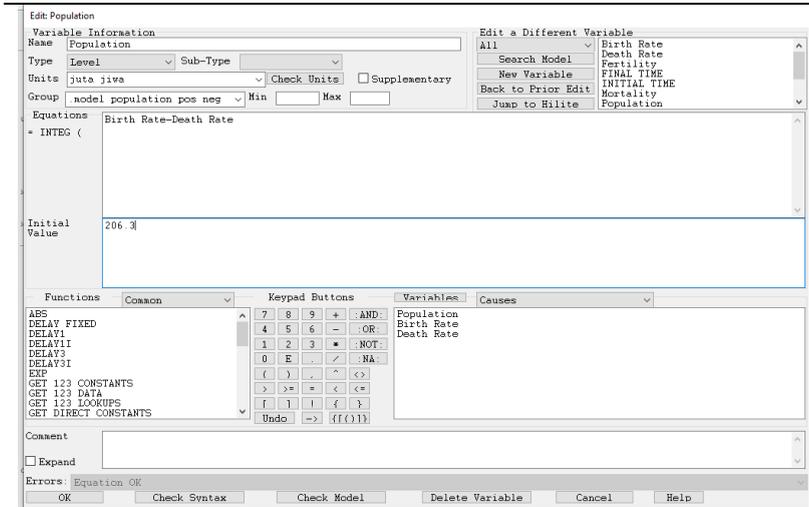
- a. Memastikan peserta didik mengunduh aplikasi *software* Stella atau Vensim.



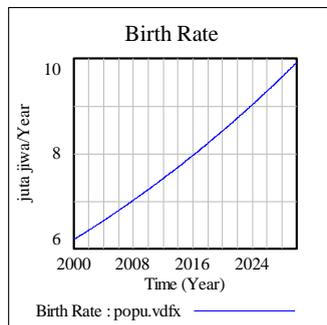
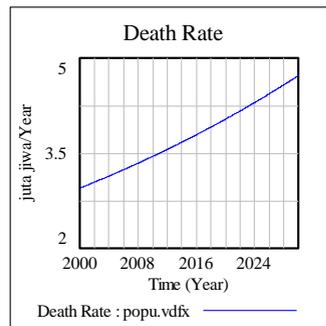
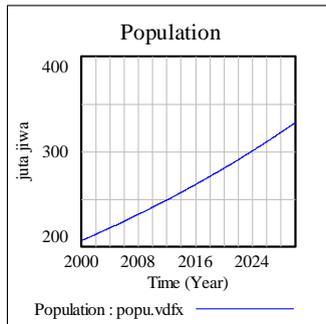
- b. Menentukan unsur-unsur yang berupa *stock*, *flow*, atau variabel dan hubungannya (sesuai dengan CLD).



- c. Menentukan pola keterkaitan unsur dengan pendekatan matematis.
-



d. Bereksperimen dengan simulasi, melihat pola dalam bentuk grafik.



e. Membuat narasi dari sistem yang telah disimulasikan.

3. Penilaian pada Pola Pembelajaran Dinamika Sistem

Penilaian dalam teknik dinamika sistem menurut Hogan dan Thomas (2001:337) menyebutkan bahwa dengan menggunakan teknik ini, pengajar dapat menilai aspek-aspek peserta didik sebagai berikut:

- a. *Object-Level Dimensions of Cognitive Performance* atau pemahaman konseptual akan sebuah fenomena yang diteliti. Peserta didik diajak untuk memikirkan unsur-unsur konseptual yang membangun sebuah fenomena lewat pengamatan akan fenomena tersebut (dari gambar, data-data tertulis maupun lisan yang didapat dari diskusi bersama teman). Selain itu dibangun juga kesadaran peserta didik dalam memaknai matematika sebagai abstraksi visual.
- b. *Meta-level dimensions of cognitive performance* atau kemampuan meta-kognitif yaitu kemampuan berpikir sistem untuk memahami persoalan lebih dalam dan menyeluruh, sehingga diperoleh analisis yang saling berkaitan antara unsur yang satu dengan yang lainnya.
- c. *Affective dimensions of cognitive performance* atau kemampuan afektif-kognitif yaitu kemampuan peserta didik untuk berkonsentrasi, fokus dalam membangun sistem, jaringan dari unsur-unsur pembentuk fenomena dan juga memperkuat pola interaksi yang dibangun antar sesama peserta didik untuk bertukar gagasan dan argumen.

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan kajian literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran STEAM adalah integrasi kemampuan

peserta didik dalam mengimplementasikan berpikir sistem untuk menganalisis fenomena sehari-hari. Berpikir sistem dapat mengajak peserta didik untuk menemukan unsur-unsur yang terdapat dalam sebuah fenomena dan melihat relasi di antara unsur-unsur tersebut. Dengan menggunakan teknik dinamika sistem, maka siswa dilatih untuk dapat mensimulasikan model pemikirannya ke dalam sebuah model komputasi matematis. Tahapan pembelajaran dan sistem penilaian yang telah penulis paparkan di atas adalah salah satu contoh pembelajaran yang dapat dilakukan pengajar dalam menggunakan teknik dinamika sistem, namun penulis belum melakukan uji coba terhadap peserta didik, sehingga penerapan kajian ini secara nyata bisa dilakukan di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bybee, R. W. 2013. *The Case for STEAM Education: Challenges and Opportunity*. Arlington: NSTA Press.
- Lee, S. 2020. Research on The Developmental Aspects of The Steam Education Program Development in Korea. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(2), 33–44.
- Sa'ida, N. 2021. Implementasi Model Pembelajaran STEAM pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 7(2), 123–128.
<https://journal.unesa.ac.id/index.php/PD/article/view/13955>.
- Zubaidah, S. n.d.. STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*): Pembelajaran untuk Memberdayakan Keterampilan Abad ke-21.
<https://www.researchgate.net/publication/336065211>.

- York, Sarah et. al. 2019. Application of System Thinking in STEM Education. *Journal of Chemical Education*, Vol. 96, Issue 12, pages 2679-3044, Doi: [10.1021/acs.jchemed.9b00261](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00261).
- White, David W. 2014. What is STEM Education and Why is it Important?. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, Vol. 1 Number 14 pages 1-9.
- Forrester, Jay W. 1992. System Dynamics and Learner Centered Learning in Kindergarten Through 12th Grade Education. Germeshausten Professor Emeritus and Senior Lecturer Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology.
- Roychoudhury, Anita et. al. 2017. The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change. *Science Educator*, Vol 25, No. 2.
- Senge, Peter M. 1990. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of The Learning Organization*. New York: Currency Doubleday.
- Bugin, Prof. Dr. H M. Burhan. 2017. *Penelitian Kualitatif: Komunikasi, Ekonomi, Kebijakan Publik dan Ilmu Sosial Lainnya*. Kencana: Jakarta.
- Pranoto, Iwan dan Ihsan, Aditya F. 2020. *Berpikir Majemuk dalam Matematika*. Penerbit Buku Kompas: Jakarta.
- Reyes, Luis Felipe Luna and Andersen, Deborah Lines. 2003. Collecting and Analyzing Qualitative Data for System Dynamic: Methods and Models. *System Dynamics Review*, Vol. 19, No. 4
- Pruyt, Eric. 2013. *Small System Dynamics Models for Big Issues: Triple Jump Towards Real World Complexity*. The Netherlands: TU Delft Library, Delft.

Tasrif, Muhammad dan Shanty. 2021. "Mengajarkan Berpikir Sistem kepada Anak". *Webinar*. Forum zoom/youtube.

