



PAPER – OPEN ACCESS

Literature Review: Analisis Critical Learning Incident dalam Penggunaan Simulasi Dinamika Sistem

Author : Olivia Oktariska Timbayo, dkk.
DOI : 10.32734/ee.v5i2.1628
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 5 Issue 2 – 2022 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Literature Review: Analisis Critical Learning Incident dalam Penggunaan Simulasi Dinamika Sistem

Olivia Oktariska Timbayo, Hilya Mudrika Arini, Titis Wijayanto

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

oliviaoktariska@mail.ugm.ac.id, hilya.mudrika@ugm.ac.id, twijaya@ugm.ac.id

Abstrak

Simulasi merupakan suatu teknik yang dapat menyelesaikan permasalahan nyata, salah satunya evaluasi suatu sistem. Namun seharusnya simulasi bukan hanya tentang optimalisasi dan akurasi dari penyelesaian permasalahan, perlu dipastikan bahwa simulasi atau pemodelan yang dibuat dapat dioperasikan oleh pengguna (*user*). Hal ini berkaitan dengan suatu studi yang dikenal sebagai *behavioural operation research* (BOR) dimana merupakan ilmu yang mempelajari konsep berfikir dan perilaku seseorang. Studi ini terdiri dari beberapa bagian salah satunya *critical learning incident* (CLI). CLI didapatkan dari posisi seseorang yang keadaan awalnya belum mengerti pada suatu waktu menjadi mengerti. Penelitian CLI masih berpotensi untuk dilakukan jika dibandingkan dengan beberapa penelitian BOR sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menampilkan gap dari beberapa penelitian sehingga didapatkan gambaran peluang penelitian selanjutnya. Dengan demikian, maka akan diketahui penelitian BOR pada posisi mana akan didapatkan CLI dimana di fokus pada pemodelan simulasi dinamika sistem meliputi metode apa yang sebaiknya digunakan. Penelitian pada paper ini akan menampilkan beberapa penelitian terkait hal tersebut dengan menggunakan metode *systematic literature review* (SLR). Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa rekomendasi peluang penelitian, dimana analisis CLI yang dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian selanjutnya dengan berfokus pada pemodelan simulasi dinamika sistem sebagai salah satu simulasi untuk menyelesaikan permasalahan kompleks.

Kata Kunci: *Critical learning incident*; dinamika sistem; *behavioural operation research*

Abstract

Simulation is a technique that can solve real problems, one of which is evaluating a system. However, simulation should not only be about optimization and accuracy of problem-solving, it is necessary to ensure that the simulation or modeling created can be operated by the user. This is related to a study known as behavioral operations research (BOR) which is a science that studies the concept of thinking and behavior of a person. This study consists of several parts, one of which is critical learning incident (CLI). CLI is obtained from the position of someone who initially did not understand at one time to understand. The CLI research still has the potential to be carried out when compared to several previous BOR studies. Therefore, this study aims to show the gaps in several studies to obtain further research opportunities. Thus, it will be known where BOR research will get CLI where the focus is on system dynamics simulation modeling including what method should be used. This paper will present several studies related to this matter using the systematic literature review (SLR) method. The results obtained from this study are in the form of recommendations for research opportunities, where CLI analysis can be considered for further research by focusing on system dynamics simulation modeling as one of the simulations to solve complex problems.

Keywords: *Critical learning incident*; system dynamic; *behavioural operation research*

1. Pendahuluan

Kinerja dari suatu sistem dapat dievaluasi menggunakan beberapa teknik, terkhusus sistem nyata (*real system*) dan sistem yang sedang dibangun ataupun dikembangkan dengan pertimbangan periode yang lama dan tujuan berbeda-beda maka salah satu teknik yang bisa digunakan adalah dengan bantuan dari simulasi [1]. Penggunaan simulasi untuk setiap masalah dalam sistem dapat membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta kinerja sistem, dan juga membantu mencegah segala kemungkinan terjadinya kegagalan.

O'Keefe (2016) [2] menjelaskan bahwa simulasi bukan hanya sekedar mencari akurasi saja, tapi perlu diketahui apakah simulasi ini dapat digunakan dan dipahami oleh *user* dengan baik. Dengan demikian maka perlu dilakukan studi yang berkaitan dengan bagaimana konsep berfikir dan perilaku seorang *user* yang menggunakan atau mengoperasikan suatu simulasi dapat memahami simulasi tersebut. *Behavioural Operational Research* (BOR) merupakan teori yang mempelajari konsep berfikir dan perilaku dari seseorang dan pengaruhnya dalam pembentukan keputusan, pilihan, dan kebiasaan [2]. BOR sendiri bertujuan memahami pemodelan dalam upaya peningkatan interaksi, pemanfaatan jangka panjang, upaya pemodelan jangka panjang [3].

Model simulasi dapat dianalisis menggunakan BOR terhadap *critical learning incident* [4]. Pada evaluasi BOR, metode pengukuran yang digunakan berupa pengukuran menggunakan data kualitatif. Salah satu contoh evaluasi BOR dengan menggunakan data kuantitatif dilakukan dalam penelitian Thompson *et al.*, (2016) . Penelitian ini menganalisis *critical learning incidents* pada *system dynamics modelling*, dengan menggunakan data kualitatif yang diperoleh dari penggunaan metode *thinking aloud*. Dengan demikian didapatkan hasil berupa "*AHA Moment*" yang menunjukkan pada tahapan mana suatu subjek yang diteliti mendapatkan *critical learning incidents*.

"AHA Moment" didapatkan dari sebuah insight yang oleh user saat melakukan aktivitas atau dalam penyelesaian masalah. Namun saat penyelesaian masalah terdiri dari dua tipe yaitu insight problem dan non-insight problem [5]. Kedua tipe ini dapat dijelaskan sebagai berikut; insight problem dapat secara unik terselesaikan dengan insight atau penyelesaian masalah tanpa pengalaman. Hal yang dimaksudkan adalah keadaan dimana saat mencoba untuk menyelesaikan masalah namun berakhir dengan mental block atau kebuntuan, kemudian dengan melihat permasalahan dari sudut baru, dan secara tidak sengaja solusi muncul dengan insight. Keadaan inilah yang disebut sebagai "AHA Moment". Berbeda tipe sebelumnya, tipe non-insight problem memiliki ciri penyelesaian masalah dengan menggunakan metode analitis melalui prosedur yang telah diketahui [5].

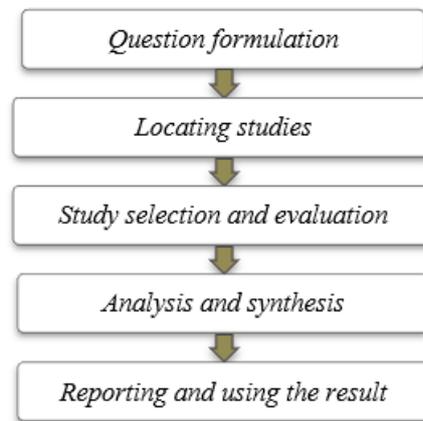
Pengukuran BOR dapat digabungkan dengan ilmu lain yang membantu dalam melengkapi evaluasi dari model simulasi baik secara kualitatif dan kuantitatif. Dalam paper ini bidang ilmu yang akan mendukung evaluasi dari simulasi tersebut yaitu ilmu ergonomi kognitif dengan pendekatan electroencephalography (EEG). Hal ini dikarenakan pendekatan memberikan gambaran aktivitas brain power manusia, yang kemudian dapat dianalisis seberapa besar frekuensi otak manusia saat melakukan simulasi. EEG sendiri merupakan suatu kegiatan merekam aktivitas listrik neuron otak yang sering digunakan dalam memprediksi emosi dan menganalisis aktivitas otak [6]. Beberapa penelitian EEG yang berhubungan dengan human emotion recognition dirangkum dalam [7], selain terhadap emosi manusia penelitian terkait EEG yang mengarah kepada perkembangan kognitif beberapa dijelaskan pada [8]. Alasan pemilihan EEG oleh [8] dikarenakan memungkinkannya perubahan perkembangan tanpa adanya gangguan dari perilaku normal yang sedang berlangsung, selain itu juga didukung dari pandangan bahwa metode EEG merupakan salah satu metode paling efisien. Pengukuran kondisi kognitif manusia yang dapat diukur dan dianalisis menggunakan EEG memungkinkan metode ini dapat diterapkan dalam penelitian CLI dengan melihat frekuensi otak yang berkaitan dengan kondisi kognitif user.

Tujuan dari penelitian ini jika dilihat dari berbagai macam penelitian BOR yang sudah ada, maka penelitian ini dimaksudkan untuk menampilkan gap penelitian-penelitian sebelumnya sehingga didapatkan gambaran peluang penelitian selanjutnya. Dengan demikian maka dapat diketahui cara untuk penelitian BOR pada posisi mana akan didapatkan CLI terhadap model simulasi dinamika sistem, seperti apa dan sebaiknya menggunakan metode apa. Hal ini diharapkan akan memberikan kontribusi dalam penelitian pengembangan ilmu saat penelitian sesungguhnya dilaksanakan terutama pada BOR terkait CLI.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Systematics Literature Review* (SLR). SLR membantu peneliti dalam penelitian selanjutnya dalam hal akan memberikan latar belakang teoritis serta dapat mempelajari topik penelitian yang menarik atau dapat menjawab pertanyaan terkait suatu masalah dengan memahami dan meninjau penelitian yang sudah ada [9].

Dalam penggunaan metode SLR, peneliti mengacu pada Denyer dan Tranfield [10] dimana terdapat lima tahapan yang perlu dilakukan. Kelima tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Systematics Literature Review

- **Question formulation**
 Pada tahapan awal yaitu *Question formulation*, paling efektif dilakukan dengan mengajukan dan merumuskan pertanyaan yang tersusun dengan jelas. Hal ini akan memberikan kriteria dari hal utama yang diteliti atau hasil tinjauan akan menjadi jelas. Penelitian ini dimaksudkan agar dapat menjawab beberapa Research Question (RQ) berikut:
 1. RQ1. Metode simulasi dan modelling apa saja yang telah dilakukan analisis BOR?
 2. RQ2. Apa saja yang termasuk dalam bidang penelitian BOR?
 3. RQ3. Bagaimana cara mendeteksi Critical Learning Incident?
- **Locating studies**
 Tahapan ini dilakukan bertujuan untuk menemukan, memilih, dan menilai sebanyak mungkin penelitian yang relevan dengan rumusan RQ. Hal ini akan mempermudah mendapatkan informasi yang diinginkan. Untuk penelitian ini, pencarian referensi yang relevan baik itu jurnal dan e-book dilakukan dengan menggunakan online database diantaranya Google Scholar, Science Direct, dan beberapa dari database yang dilanggankan oleh Perpustakaan Fakultas Teknik UGM. Beberapa keyword yang digunakan dalam pencarian pada database sebagai berikut ‘Critical Learning Incident’, ‘”AHA” Moment’, ‘Behavioural Operation Research’, ‘system dynamic’, ‘thinking aloud’, ‘Electroencephalography’.
- **Study selection and evaluation**
 Tahapan ini merupakan tahapan pemilihan dan penyeleksian jurnal yang akan digunakan sesuai dengan kriteria yang dibuat sehingga benar-benar dapat menjawab RQ. Hal yang dilakukan untuk mendapatkan jurnal yang sesuai adalah dengan membaca judul dan abstrak dari masing-masing jurnal yang didapatkan kemudian dilakukan penyeleksian selanjutnya dibaca secara menyeluruh.
- **Analysis and synthesis**
 Proses ini dilakukan dengan menganalisis setiap jurnal kemudian mengambil data yang dibutuhkan dalam penelitian. Hal ini dilakukan dengan tujuan pengembangan pengetahuan yang sulit dimengerti saat membaca secara terpisah.
- **Reporting and using the result**
 Tahapan akhir ini dilakukan dengan memaparkan hasil temuan keseluruhan studi atau tinjauan literatur ke dalam bentuk laporan. Pemaparan hasil ini dapat berisikan hal apa yang diketahui dan tidak diketahui tentang pertanyaan tinjauan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan Sistem

Penyelesaian masalah dari suatu sistem nyata salah satu teknik pemodelan yang banyak digunakan adalah simulasi. Pemodelan permasalahan sistem nyata ini membantu untuk mengurangi risiko terganggunya kelancaran kerja jika melakukan percobaan perubahan secara langsung [11]. Pada [12] pendekatan pada model simulasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu *Discrete-Event Simulation* (DES), *System Dynamics* (SD) dan *Agent-Based Modelling* (ABM).

DES adalah proses memodelkan suatu sistem dengan variabel-variabel yang berubah pada titik waktu tertentu. Dimana titik waktu itu akan terjadi sebuah event atau kejadian yang dapat merubah kondisi dari sistem tersebut [1]. SD atau dinamika sistem

adalah jenis simulasi berkelanjutan yang digunakan untuk merancang dan meningkatkan kebijakan atau strategi dalam bisnis, pemerintahan, dan militer [13]. Disebutkan juga bahwa model dinamika sistem melihat sistem pada tingkat yang lebih agregat dan digunakan untuk membuat keputusan yang lebih strategis daripada kebanyakan model DES. ABM merupakan model komputasi yang memungkinkan pengguna untuk mengetahui tingkah laku dari agen atau komponen di dalam sistemnya [14].

Dalam penelitian BOR ketiga pemodelan ini beberapa kali telah dilakukan namun pada bidang BOR yang berbeda. Sebagai contoh penelitian yang berfokus pada *insight* oleh [15] dan [16] untuk *insight* dan *transfer learning*, dimana keduanya menggunakan DES. Kemudian penelitian [4] pada *critical learning incident* untuk permasalahan SD. Model ABM oleh [17] digunakan sebagai obyek penelitian terkait sensitivitas model dan menghasilkan kesimpulan terkait mekanisme dan pola model tersebut.

Ketiga pemodelan dengan simulasi ini dapat menjadi objek penelitian, namun pada paper ini akan lebih mengacu pada SD, dimana untuk DES dan ABM sendiri sudah terdapat beberapa penelitian yang mengaitkan dengan BOR walaupun lebih terfokus pada *insight*. Namun dengan melihat dan mengamati pada SD akan memberikan gambaran terhadap sistem kompleks.

Pemilihan pendekatan dinamika sistem karena proses yang fleksibel, bersama dengan kemampuannya untuk menggabungkan informasi kualitatif dan kuantitatif. Selain itu, dinamika sistem dipilih dengan tujuan mampu meningkatkan kinerja sistem, dimana dinamika sistem dapat memberikan penilaian terukur tentang cara-cara alternatif sebuah masalah kompleks [18]. Dalam mengembangkan dinamika sistem ini penting melihat suatu *critical learning incident* untuk mengetahui pemahaman seseorang terhadap sistem dan pada tahapan mana orang tersebut memahaminya. Domain yang digunakan akan dilihat setiap tahapan dari dinamika sistem untuk penyelesaian permasalahan dan akan dianalisis untuk masing-masing partisipannya sehingga dapat diketahui tahapan dimana seorang partisipan mendapat CLI. Dengan mengetahui hal tersebut dapat terlihat pada tahapan mana partisipan dapat mengerti dan penyelesaian masalah. Hal ini juga dapat membantu mendukung bukti empiris terhadap CLI dalam penggunaan simulasi dinamika sistem yang dapat digunakan oleh pengguna.

3.2. Behavioural Operation Research

Behavioural research merupakan studi empiris tentang pembentukan keputusan, pilihan, dan kebiasaan dalam perilaku manusia [2]. Pada [19] dijelaskan dari perspektif *behavioral*, setiap studi BOR pasti akan menghubungkan ketiga konsep, metode, aktor dan praksis yang saling terkait, dengan hasil dalam *Operational Research* (OR). Namun, secara empiris, hal ini dapat menjadi tantangan karena sifat kompleks dari hubungan di antara elemen-elemen ini. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memilih satu area dominan dari fokus empiris dengan hanya mengedepankan salah satu dari tiga konsep sentral sementara melatarbelakangi yang lain, dan kemudian memeriksa hubungan antara fokus yang dipilih dan hasil OR [20].

Penggunaan *behavioural research* digunakan untuk lebih memahami bagaimana pemodel dalam OR berperilaku saat membangun model, dan bagaimana individu menggunakan model tersebut untuk membuat keputusan [2]. Pada [21] dijelaskan bahwa OR dalam praktiknya dapat berkembang maju oleh karena peranan penting BOR. Selain [21], pada [22] bahwa dalam melihat dan memahami kompleksitas OR diperlukan analisis terhadap *Behavioural Operational Research*.

Behavioural Operational Research (BOR) diposisikan sebagai bidang spesialisasi baru dengan berfokus pada aspek perilaku yang dianggap relevan dengan penggunaan OR dalam pemecahan masalah dan dukungan keputusan [23]. BOR bertujuan memahami pemodelan dalam upaya peningkatan interaksi, pemanfaatan jangka panjang, upaya pemodelan jangka Panjang [3]. Brocklesby (2016) menyebutkan dua tipe dasar dari BOR yakni *Type 1*, terfokus pada pembangunan perilaku manusia yang berasal dari proses perilaku dan kognitif pengambilan keputusan manusia ke dalam model. Selanjutnya *Type 2* yakni penelitian yang tertarik pada aspek perilaku pemodelan yang memiliki proposisi sangat berbeda karena ada aspek-aspeknya yang tidak terlalu cocok dengan beberapa pemahaman, tradisi dan budaya OR, kasusnya perlu ditata dan diperdebatkan dengan lebih persuasif. Selain *type* terdapat jenis penugasan yang berperan penting dalam BOR yaitu secara deskriptif, metodologis, dan teknologi [24].

BOR dapat digunakan dalam menganalisis permasalahan yang terjadi, beberapa diantaranya yang telah diteliti sebelumnya, permasalahan dalam penelitian di bidang *risk attitude* [25], *the decoy effect* dan *decision making* [26], *decision learning* [27], *boundary games* [28], *transfer learning* [3], *insight* [15] dan *critical learning incident* [4]. Penelitian BOR yang paling mendekati dengan penelitian ini terdapat pada [15], [16], dan [4].

Dalam penelitiannya [29] menjelaskan bahwa analisis BOR pada seseorang dapat dilihat dari berbagai faktor yakni faktor psikologis, tingkat kepercayaan diri, pembuatan keputusan, dan *insight*. Penelitian BOR oleh [15], pengukuran *insight* ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil pemecahan masalah dengan melihat tampilan animasi dan hasil statistik dalam DES. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yakni kasus simulasi *student corner* pada Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada (DTMI UGM). Hasil yang didapatkan dalam penyelesaian masalah adalah pengguna DES dan partisipan yang melihat hasil statistik lebih banyak mendapatkan *insight*. Penelitian ini dilanjutkan [16] dengan meningkatkan kompleksitas studi kasus yang diteliti dan penambahan aspek *transfer of learning*.

Permasalahan lainnya yang dianalisis menggunakan BOR adalah penelitian dalam bidang *critical learning incident* [4]. Penelitian berfokus pada *critical learning incident* pada dinamika sistem. Penelitian *critical learning incident* masih sangat sedikit dilakukan terkhusus di Indonesia untuk bidang ilmu BOR dengan fokus pada partisipan dinamika sistem. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, BOR telah banyak dilakukan pada beberapa pendekatan simulasi lainnya.

Critical incident merupakan suatu pengamatan dan penilaian signifikan yang mengarah pada fokus analisis suatu peristiwa terhadap sikap, harapan, perilaku, dan komunikasi [30]. Trapp [31] menjelaskan bahwa *critical incident* dihasilkan melalui cara pandangan dan penilaian terhadap situasi bukan hanya terhadap insiden yang memang terjadi. Pada *critical incident* terdapat *Critical Learning Incident (CLI)* yang merupakan upaya mencegah permasalahan yang dapat muncul kembali. Menurut [4] CLI didefinisikan sebagai momen kejutan yang disebabkan setelah model mental seseorang menghasilkan kegagalan tak terduga dan perubahan dalam model mental seseorang menghasilkan hasil yang diinginkan. Untuk setiap *gap* dapat dilihat dari tabel 1 *reference matrix* yang menunjukkan penelitian yang relevan.

Tabel 1. Reference Matrix

Behavioural Operation Research (BOR) dan Simulasi				Measures in Neuroergonomics
Teori dan tipe	Discrete Event Simulation (DES)	Modelling	System Dynamics	EEG
<i>Behavioural Study</i>	(O'Keefe, 2016); (Brocklesby, 2016); (Becker, 2016); (White, 2016); (Wei & Zhang, 2018); (Rakadiputra & Asih, 2019)	(Shi & Lian, 2016); (Hamalainen, 2015); (Hämäläinen & Lahtinen, 2016)	(Hämäläinen et al., 2013)	
<i>Risk Attitude</i>		(Qiang & Jianming, 2013)		
<i>The Decoy Effect</i>				
<i>Decision Making</i>	(Ahn & Vazquez Novoa, 2016)	(Luoma, 2016); (Fry & Binner, 2016)		
<i>Boundary Games</i>	(Velez-Castiblanco et al., 2016)	(Velez-Castiblanco et al., 2016)		
<i>Transfer Learning</i>	(Monks et al., 2016)			
<i>Insight</i>	(Lathifah et al., 2020); (Pardede, 2021)	(Pardede, 2021)		(Kounios & Beeman, 2009)
<i>Critical Learning Incident</i>			(Thompson et al., 2016)	

3.3. Critical Learning Incident (CLI)

Dari beberapa bagian yang termasuk dalam BOR, CLI merupakan salah satu yang penelitiannya masih jarang ditemui terkhusus untuk analisis simulasi dinamika sistem ataupun simulasi lainnya. Hal ini didukung dengan sumber penelitian yang sulit untuk ditemukan. Namun lain halnya jika berhubungan dengan bidang lain (bidang selain OR) sudah terdapat beberapa penelitian yang mengangkatnya dengan dikenal sebagai "*Aha Moment*".

Dalam BOR, CLI dan *insight* terlihat sangat mirip namun terdapat perberbedaan antara keduanya. *Insight* sendiri merupakan wawasan mendalam yang membuat seseorang dari keadaan tidak mengetahui menjadi lebih mengetahui [32]. Perbedaan dari *insight* dan CLI terletak dimana seseorang akan mendapat "*Aha Moment*", dimana *insight* tidak selalu didapatkan saat "*Aha Moment*" namun dapat didapatkan setelahnya atau hasil dari analisis.

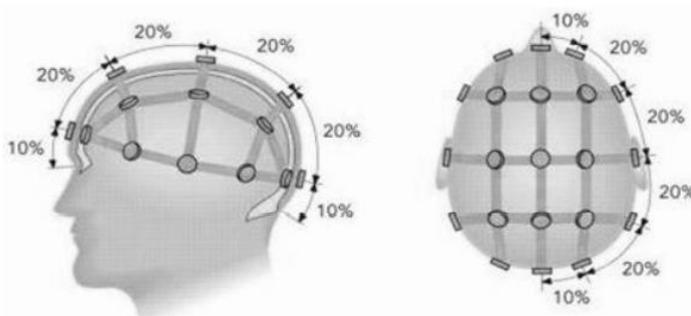
- Penggunaan metode *thinking aloud*

Pada penelitian [4], Thompson et al., menganalisis beberapa domain terhadap CLI agar dapat mengetahui pada tahapan simulasi dengan pendekatan dinamika sistem bagian mana yang mendapatkan CLI untuk setiap kliennya. Hal ini dilakukan dengan melakukan analisis perpasangan antara klien dan konsultan dengan metode *thinking aloud*. *Thinking aloud* merupakan metode pengumpulan data yang mana partisipan pada saat menjalankan protokol, mungkin mengungkapkan komentar, pertanyaan, menghasilkan hipotesis, atau menarik kesimpulan [33]. Trapsilo menjelaskan bahwa protokol *thinking aloud* melibatkan pemikiran verbal selama membaca, pemecahan masalah, atau tugas kognitif lainnya. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berfokus pada semua apa yang dikatakan oleh partisipan saat eksperimen dilakukan. Analisis yang dilakukan berupa analisis data kualitatif. Analisis data kualitatif yang dimaksudkan adalah semua komentar, pertanyaan, atau bahkan solusi serta penarikan suatu keputusan dan kesimpulan yang disampaikan oleh partisipan saat melakukan simulasi. Setiap

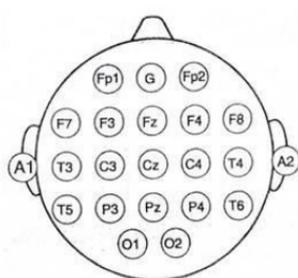
informasi yang disampaikan ini akan diolah dengan melakukan membuat kata kunci yang kemungkinan disampaikan partisipan. Kata kunci digunakan untuk memudahkan mengetahui dimana seorang partisipan mendapatkan CLI dengan pendekatan thinking aloud. Kata yang dimaksudkan adalah suatu kata yang menggambarkan “Aha moment”. Salah satu contoh CLI dari hasil penelitian [4] terdapat dari “Aha Moment” yang terjadi saat client mengatakan “Tapi Itu kecil!” namun tidak melihat angkanya, nilai sebenarnya dari angka tersebut, dan menimbanginya. Penelitian tentang “Aha Moment” dalam [34] dikenal dengan sebutan Eureka moments, pada penelitian ini disebutkan bahwa pada dasarnya, transisi tiba-tiba dalam sentimen mungkin merupakan momen Eureka (atau momen Aha!) bagi pengguna. Hal yang dimaksud yaitu, perasaan tiba-tiba memahami suatu konsep yang sebelumnya membingungkan. Dalam pengujian kegunaan, momen Eureka mungkin menyiratkan bahwa suatu produk tidak mengikuti intuisi pengguna dan kemungkinan tidak mudah digunakan [34].

- Penggunaan metode electroencephalography

Pengembangan model permasalahan dari penelitian mengenai CLI dapat dilakukan analisis dengan menggabungkan bidang ilmu lain. Bidang ilmu ini salah satunya ergonomi kognitif. Pada ergonomi kognitif ada salah satu pendekatan yang dapat membantu dalam melihat insight yang didapatkan oleh seseorang. Salah satu pendekatan ini adalah pendekatan neuroergonomics. Pendekatan ini memiliki dua teknik yaitu brain imaging teknik dan eye movement analysis. Penelitian disini akan difokuskan agar dapat melihat kondisi otak saat terjadinya “Aha Moment”. Kondisi otak ini dapat dilihat dengan brain imaging techniques, dimana terdapat beberapa cara untuk mengukur brain power, namun penelitian ini dilakukan dengan menggunakan electroencephalography (EEG). EEG adalah alat untuk merekam aktivitas listrik spontan yang dihasilkan di korteks serebral menggunakan beberapa elektroda yang ditempatkan di kulit kepala [35]. EEG band dari yang paling rendah hingga tertinggi, dikategorikan sebagai delta (0,5–4Hz), theta (4–8Hz), alfa (8–13Hz), beta (13–30Hz), dan gamma (30 + Hz). Fenomena yang paling sering dikaitkan dengan masing-masing band yaitu; delta - tidur nyenyak; theta - pemantauan kesalahan, kontrol kognitif; alpha - mata tertutup, relaksasi, perhatian yang diarahkan ke dalam, penghambatan jaringan; beta - proses terjaga, afektif dan kognitif; dan gamma - pemrosesan aktif dari informasi sensorik, ikatan perseptual [36]. Sinyal EEG diperoleh dengan meletakkan elektroda pada batok kepala manusia dengan urutan peletakan elektroda mengacu pada standar 10-20 berdasarkan International Federation of Societies of Electroencephalogram seperti pada gambar 2 dan untuk wilayah penugasan dapat dilihat pada gambar 3.



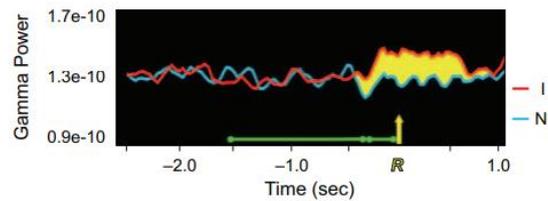
Gambar 2. International 10-20 System of Electrode Placement [35]



Brain Area	Left	Midline	Right
Frontal Pole	Fp1	Fpz (G)	Fp2
Frontal	F3	Fz	F4
Inferior Frontal	F7		F8
Mid-Temporal	T3		T4
Posterior Temporal	T5		T6
Central	C3	Cz	C4
Parietal	P3	Pz	P4
Occipital	O1		O2

Gambar 3. Brain area [35]

Penelitian yang pernah dilakukan terkait EEG terhadap “Aha moment” dalam melihat *insight* telah dilakukan oleh [37]. Namun penelitian ini masih sangat sederhana dengan pengambilan contoh kasus yang relative lebih sederhana. Penelitian [37] melihat frekuensi dari aktivitas otak yang ditunjukkan dari tinggi rendahnya aktivitas gelombang listrik yang ditunjukkan oleh EEG band yang hasilnya terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Systematics Literature Review [37]

3.4. Rekomendasi peluang penelitian

Peluang penelitian yang didapatkan dari hasil analisis beberapa tinjauan penelitian sebelumnya dengan berfokus pada behavioural operation research dapat dilakukan pada analisis CLI. Dilihat dari jumlah penelitian yang masih terbatas maka akan lebih baik jika dilakukan penelitian dibidang ini agar mendukung dan menguatkan penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan lebih baik jika diarahkan dalam penyelesaian masalah kompleks dengan menggunakan simulasi dinamika sistem yang bertujuan untuk mengetahui konsep berfikir kognitif dan perilaku dan pengaruhnya terhadap pengambilan keputusan, pilihan, dan kebiasaan seperti yang disebutkan dalam [2].

Rekomendasi metode yang sebaiknya digunakan dalam penelitian selanjutnya adalah dengan menggunakan thinking aloud seperti penelitian sebelumnya oleh [4] namun dapat digabungkan dengan metode dari bidang ergonomi kognitif menggunakan electroencephalography (EEG). Dengan demikian data atau hasil penelitian yang didapatkan dapat dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif sehingga didapatkan hasil yang lebih optimal.

4. Kesimpulan

Penelitian *behavioural operation research* dapat terus dilakukan dan dikembangkan terutama pada bidang *critical learning incident*. Dengan adanya penelitian baru bahkan lanjutan terhadap hal ini akan sangat membantu dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Hal ini dapat membantu menganalisis konsep berfikir seseorang dalam menjalankan simulasi serta memahami model yang telah ada dalam membuat sebuah keputusan. Selain itu dengan penelitian ini dapat dievaluasi apakah model yang digunakan sudah baik dan mudah dipahami oleh *user* nya atau perlu adanya pengkajian ulang atau perbaikan.

Peluang rekomendasi penelitian yang sebaiknya dilakukan yakni analisis CLI dengan membandingkan metode *thinking aloud* dan EEG dengan menggunakan studi kasus sistem kompleks dengan menggunakan simulasi dinamika sistem. Metode *thinking aloud* dan metode *electroencephalographic* pada *critical learning incident* akan menunjukkan hasil dari penelitian ini. Penggunaan metode ini kemudian dilakukan analisis signifikansi yang menunjukkan apakah terdapat perbedaan yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut. Hasil yang didapatkan diharapkan dapat mendukung ilmu BOR terhadap *critical learning incident* pada penggunaan model simulasi dinamika sistem untuk penelitian selanjutnya yang masih berkaitan dengan penelitian ini.

Referensi

- [1] J. Banks, J. I. S. Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol, *Discrete Event System Simulation*, Fifth Edit. Pearson Education, 2010.
- [2] R. M. O'Keefe, "Experimental behavioural research in operational research: What we know and what we might come to know," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 899–907, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.09.027.
- [3] T. Monks, S. Robinson, and K. Kotiadis, "Can involving clients in simulation studies help them solve their future problems? A transfer of learning experiment," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, pp. 919–930, 2016.
- [4] J. P. Thompson, S. Howick, and V. Belton, "Critical Learning Incidents in system dynamics modelling engagements," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 945–958, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.09.048.
- [5] T. Benjaboonyazit, "TRIZ based insight problem solving and brainwave analysis using EEG during Aha! Moment," in *TRIZfest-2016*, 2016, p. 336.
- [6] A. Hilmi, I. Wijayanto, and S. Hadiyoso, "Analisis Perbandingan Pola Sinyal Alfa Dan Beta Eeg Untuk Klasifikasi Kondisi Rileks Pada Perokok Aktif Dengan Menggunakan K-Nearest Neighbor Pattern Comparison Analysis Between Alpha and Beta Eeg Signal for Relaxed Condition Classification on Active Smok," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3395–3402, 2017.
- [7] M. Murugappan, N. Ramachandran, and Y. Sazali, "Classification of human emotion from EEG using discrete wavelet transform," *J. Biomed. Sci. Eng.*, vol. 03, no. 04, pp. 390–396, 2010, doi: 10.4236/jbise.2010.34054.
- [8] M. A. Bell and K. Cuevas, "Using EEG to Study Cognitive Development: Issues and Practices," *J. Cogn. Dev.*, vol. 13, no. 3, pp. 281–294, 2012, doi: 10.1080/15248372.2012.691143.
- [9] C. Okoli and K. Schabram, "A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research," *Working Papers on Information Systems*. 2010, doi: 10.2139/ssrn.1954824.
- [10] D. Denyer and D. Tranfield, "Producing a systematic review. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The SAGE handbook of organizational research methods*. pp. 671–689, 2009, [Online]. Available: https://www.mendeley.com/catalogue/0ff0533c-01f2-338e-a1a9-6f60a28fa801/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B8b821bd1-4e6e-4cce-8efd-130b29a0bf5b%7D.
- [11] P. Sharma, "Discrete-Event Simulation," vol. 04, no. 4, pp. 136–140, 2015.
- [12] A. Borshchev and A. Filippov, "From System Dynamics and Discrete Even to Practical Agent Based Modeling," *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. 2004.
- [13] A. M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*, Fifth Edit. Tucson, Arizona, USA: McGraw-Hill Education, 2015.

- [14] U. Wilensky and W. Rand, *An Introduction to Agent-Based Model*. UK: The MIT Press, 2015.
- [15] N. Lathifah, H. M. Arini, and N. A. Masrurroh, "Analisis Penggunaan Tampilan Animasi dan Hasil Statistik untuk Memunculkan Insight dalam Discrete Event Simulation." pp. RO58–RO63, 2020.
- [16] A. R. L. Pardede, "Analisis Perbedaan Insight dan Transfer of Learning pada Pengguna dan Bukan Pengguna dalam Discrete Event Simulation." 2021.
- [17] G. ten Broeke, G. van Voorn, and A. Ligtenberg, "Which sensitivity analysis method should i use for my agent-based model?," *Jasss*, vol. 19, no. 1, pp. 1–35, 2016, doi: 10.18564/jasss.2857.
- [18] E. F. Wolstenholme, "System Dynamics in Perspective," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 33, no. 6, pp. 547–556, Jun. 1982, doi: 10.1057/jors.1982.117.
- [19] L. A. Franco and R. P. Hämmäläinen, "Behavioural operational research: Returning to the roots of the or profession," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 791–795, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.10.034.
- [20] M. Kunc, J. Malpass, and L. White, Eds., *Behavioral Operational Research*. London: Palgrave Macmillan UK, 2016.
- [21] R. P. Hämmäläinen, J. Luoma, and E. Saarinen, "On the importance of behavioral operational research: The case of understanding and communicating about dynamic systems," *European Journal of Operational Research*, vol. 228, no. 3, pp. 623–634, 2013, doi: 10.1016/j.ejor.2013.02.001.
- [22] L. White, "Behavioural operational research: Towards a framework for understanding behaviour in or interventions," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 827–841, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.07.032.
- [23] J. Brocklesby, "The what, the why and the how of behavioural operational research—An invitation to potential sceptics," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 3, pp. 796–805, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.09.034.
- [24] K. H. Becker, "An outlook on behavioural or - Three tasks, three pitfalls, one definition," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 806–815, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.09.055.
- [25] Qiang Guo and Jianming Zhu, "Dynamic traveling salesman problem with deadline based on traveler's risk attitude," in *11th International Symposium on Operations Research and its Applications in Engineering, Technology and Management 2013 (ISORA 2013)*, 2013, pp. 163–168, doi: 10.1049/cp.2013.2277.
- [26] H. Ahn and N. Vazquez Novoa, "The decoy effect in relative performance evaluation and the debiasing role of DEA," *European Journal of Operational Research*, vol. 249, no. 3, pp. 959–967, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.07.045.
- [27] J. Luoma, "Model-based organizational decision making: A behavioral lens," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 3, pp. 816–826, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.08.039.
- [28] J. Velez-Castiblanco, J. Brocklesby, and G. Midgley, "Boundary games: How teams of OR practitioners explore the boundaries of intervention," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 3, pp. 968–982, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.08.006.
- [29] J. Fry and J. M. Binner, "Elementary modelling and behavioural analysis for emergency evacuations using social media," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 3, pp. 1014–1023, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.05.049.
- [30] H. de Frankrijker, "Cross-cultural Learning from Incidents, the Critical Incident Method: some applications concerning the practice of teacher education and parent support," *Eur. J. Intercult. Stud.*, vol. 9, no. sup1, pp. S55–S70, Jan. 1998, doi: 10.1080/0952-391X/98/030S55-16.
- [31] D. L. Gilstrap and J. Dupree, "Wichita State University Libraries SOAR : Shocker Open Access Repository Assessing Learning , Critical Reflection , and Quality Educational Outcomes : The Critical Incident Questionnaire Assessing Learning , Critical Reflection , and Quality Educational O," *College & Research Libraries*, vol. 69, no. 5, pp. 407–426, 2008.
- [32] A. Gogi, A. A. Tako, and S. Robinson, "An experimental investigation into the role of simulation models in generating insights," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 249, no. 3, pp. 931–944, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.09.042.
- [33] P. Trapsilo, "a Think-Aloud Protocols As a Cognitive Strategy To Increase Students' Writing Narrative Skill At Efl Classroom," *PREMISE JOURNAL:ISSN online: 2442-482x, ISSN printed: 2089-3345*, vol. 5, no. 2, p. 81, 2017, doi: 10.24127/pj.v5i2.817.
- [34] M. Fan, J. Lin, C. Chung, and K. N. Truong, "Concurrent Think-Aloud Verbalizations and Usability Problems," *ACM Trans. Comput. Interact.*, vol. 26, no. 5, pp. 1–35, Sep. 2019, doi: 10.1145/3325281.
- [35] B. H. Paudel, N. Limbu, R. Panta, and B. Shrestha, "Neurophysiology Application Notes," no. May 2017, 2012.
- [36] C. E. Stevens and D. L. Zabelina, "Creativity comes in waves: an EEG-focused exploration of the creative brain," *Curr. Opin. Behav. Sci.*, vol. 27, pp. 154–162, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.cobeha.2019.02.003.
- [37] J. Kounios and M. Beeman, "The Aha! Moment: The Cognitive Neuroscience of Insight," *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 18, no. 4, pp. 210–216, Aug. 2009, doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.01638.x.