

# PENDIDIKAN MANUFAKTUR BERBASIS GAMIFIKASI UNTUK MENINGKATKAN INOVASI DI ERA INDUSTRI 4.0

Nivandi Supriagi<sup>1</sup>, Tyiagita Mulyadi  
Hidayat<sup>2</sup>, Alfian Dimas Ahsanul Rizki  
Ahmad<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Universitas Winaya Mukti

<sup>2), 3)</sup> Universitas Raharja

Riwayat Artikel

Penyerahan: 12 November 2020

Revisi: 20 November 2020

Diterima: 27 November 2020

Email:

[nivandisupriagi@gmail.com](mailto:nivandisupriagi@gmail.com)<sup>1</sup>

[hidayatmulyadi@gmail.com](mailto:hidayatmulyadi@gmail.com)<sup>2</sup>

[alfian.dimas@raharja.info](mailto:alfian.dimas@raharja.info)<sup>3</sup>



## Abstraksi

*Isu yang berkelanjutan dalam proses produktif menjadi salah satu tantangan utama yang harus dihadapi para pelaku industri di era modern sekarang. Sebuah paradigma baru muncul di era sekarang yaitu industry 4.0 yang mengarah kepada penciptaan proses yang berkelanjutan terus menerus. Proses pergantian zaman dari yang sebelumnya tradisional menuju modern yang siap dengan segala hal, bagaimanapun itu, menghadirkan berbagai masalah dan hambatan yang harus diselesaikan oleh para pelaku industri atau organisasi. Dalam karya tulis ini, kami memperluas akan pemahaman tentang bagaimana konsep gamifikasi ini dapat diimplementasikan dalam konteks revolusi industri 4.0, yang bertujuan untuk mengembangkan kerangka konseptual untuk dapat diimplementasikan kepada suatu hal yang menanggapi masalah keberlanjutan itu. Kami berpendapat bahwa mekanisme gamifikasi itu dapat memberikan sebuah kontribusi untuk membantu Pendidikan manufaktur di era revolusi industri 4.0, dan dapat membuat inovasi yang baru dan berkelanjutan. Berdasarkan analisis literatur yang kami dapat, kami dapat menyimpulkan bahwa manufaktur yang berkelanjutan dan industry 4.0 adalah yang paling sedikit pembahasannya karena jarang ada yang menerapkan metode gamifikasi ini. Kontribusi ini dapat membantu para pelaku usaha industri dalam mengembangkan gamifikasi ini dalam sektor manufaktur dan dapat mengatasi beberapa masalah yang sedikit akan dihadapi kedepannya terkait aspek keberlanjutan dalam revolusi industri 4.0 ini.*

Kata Kunci: Gamifikasi, Industri 4.0, Berkelanjutan

## Abstract

*The issue of being sustainable in the productive process is one of the main challenges that industry players must face in the modern era. A new paradigm is emerging in the current era, namely industry 4.0 which leads to the creation of a continuous process. The process of changing times from previously traditional to modern which is ready with all things, however, presents various problems and obstacles that must be resolved by industry players or organizations. In this paper, we expand our understanding of how the concept of gamification can be implemented in the context of the 4.0 industrial revolution, which aims to develop a conceptual framework to be implemented in a matter that addresses sustainability issues. We think that the gamification mechanism can make a contribution to help manufacturing education in the era of the industrial revolution 4.0, and can make new and sustainable innovations. Based on the analysis of the literature that we got, we can conclude that sustainable manufacturing and industry 4.0 are the least discussed because rarely anyone applies this gamification method. This contribution can help industrial business players in developing this gamification in the manufacturing sector and can overcome some of the few problems that will be faced in the future related to the sustainability aspect in this 4.0 industrial revolution.*

Keywords: Gamification; Industry 4.0; Sustainability

## 1. PENDAHULUAN

Di zaman teknologi informasi yang semakin berkembang tidak lupa juga dengan industri yang semakin mengarah ke sebuah revolusi industri yang baru, bisa disebut juga dengan “ industry 4.0 “ Masalah yang dibahas di dalamnya adalah bagaimana efisiensi sumber daya dan konsumsi yang pernah didiskusikan oleh [1] yang muncul sebagai sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari sebuah revolusi yang baru ini ,dan menjadi penting untuk ditentukan untuk hubungannya dengan praktik manufaktur yang berkelanjutan.

Perkembangan teknologi manufacturing yang berkelanjutan ini menjadi pusat kebijakan ekonomi dunia yang disebabkan munculnya beberapa masalah yang harus dihadapi dengan sumber daya terbatas, pertumbuhan populasi yang begitu cepat, industrialisasi dan globalisasi yang harus dihadapi saat ini oleh umat manusia.

Peran yang dimainkan oleh pelaku industri manufaktur yang dimana sumber daya alam sangat tipis dan dampak terhadap lingkungan yang diciptakan oleh itu harus dibawah pengawasan yang lebih cermat. Konsep dari “ manufaktur yang berkelanjutan “ yang bertujuan untuk product manufaktur yang akan memenuhi fungsi siklus yang dapat mengatur jumlah dampak di dalam masyarakat dan alam, sambil menanamkan nilai nilai sosio-ekonomi . beberapa studi literatur lebih mementingkan pada praktik kerja dan kerangka pada manufaktur

Meskipun demikian. Muncul masalah masalah yang harus dihadapi untuk Pendidikan sustainability dan praktik manufaktur. [2] konsep dan persyaratan industry 4.0 [1] Pendekatan pendekatan yang baru dan pembelajaran yang berbasis game atau gamifikasi [3] dapat membantu dalam konteks manufaktur ini. Karya tulis ini berfokus pada mekanisme gamifikasi dapat mengartikulasikan untuk sustainability dalam Pendidikan manufaktur .dalam bagian pertama, kami memberikan gambaran singkat tentang latar belakang ini. Selanjutnya akan dijelaskan dasar teoritis yang kuat. Bagian metode dimana kami memberikan proses literatur yang kemudian akan kami bahas dan diakhiri dengan kata penutup.

## 2. LATAR BELAKANG

### 2.1 Industry 4.0

Industry 4.0 menjadi sebuah istilah yang baru pada saat ini, dan sudah banyak dibahas baik dikalangan peneliti maupun dikalangan para pelaku usahawan. Industry 4.0 lalu apa itu Revolusi industri 4.0?. Klaus Martin Schwab ,beliaulah yang memperkenalkan pertama kali istilah revolusi industri 4.0. [4] secara umum revolusi industri ketika kemajuan teknologi yang berkembang pesat diiringi dengan perubahan ekonomi budaya juga.[5] bermula Ketika teknologi pintar sudah banyak dikemukakan dan digunakan oleh Jerman, dan industrinya juga sangat berkembang yang membuat konsep ini menjadi banyak diterima tanpa perlu diperdebatkan.[1][6][7] Namun sampai saat ini masih belum ada yang dapat mencirikan konsep 4.0 dari berbagai aspeknya, yang mencakup masalah efisiensi sumber daya dan sebuah paradigma baru untuk pabrik ,bisnis ,dan pengembangan product.[1][6]di zaman sekarang ini dengan begitu pesatnya perkembangan teknologi yang semakin canggih sehingga setiap individu dituntut untuk menggali potensi masing masing.[8] di era sekarang ,era disrupsi tidak hanya berlaku pada topik ekonomi belaka, fenomena sekarang sudah merambah ke berbagai bidang.[9] ada beberapa hal yang membedakan Industry 4.0 dengan 3.0. pertama inovasi berkembang jauh lebih cepat dari sebelumnya, kedua penurunan biaya produksi dan munculnya platform yang dapat menyatukan beberapa bidang keilmuan, dan yang ketiga revolusi ini akan terbentuk dan berpengaruh bagi seluruh dunia.[10] Konsep industry 4.0 biasanya terdiri dari banyak berbagai konsep dan beberapa teknologi yang terkait. Inti dari konsep industry 4.0 adalah CPS atau bisa disebut dengan Cyber Physical System. Dengan Cyber Physical System ini membuat pemantauan proses fisik di dalam pabrik secara virtual . melalui digitalisasi ini dapat membuat nilai pada proses komputasi, komunikasi, kontrol, dan koordinasi bertambah.[1][2][7] Di satu sisi, era revolusi industri ini melalui konektivitas dan digitalisasinya mampu meningkatkan efisiensi rantai manufaktur dan kualitas produk.[11] Industri 4.0 identik dengan disruption,disruptive karena hampir semua ranah kehidupan berkonversi dari manual menuju digital.[12] IOT atau biasa disebut dengan internet of things adalah sebuah kemajuan teknologi yang ada di era industry 4.0 saat ini. Dengan IOT komunikasi berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan, tidak hanya antar manusia saja komunikasinya akan tetapi dengan mesin mesin juga. Salah satu yang menjadi landasan dari industry 4.0 adalah sustainability dan efisiensi sumber daya yang didapat [13].Dengan menjadi topik focus yang utama adalah pada aspek lingkungan dari pembangunan yang berkelanjutan terus menerus. Dan dapat menunjukkan bahwa system dari energi yang didapat bisa menjadi kunci dan dapat digunakan dalam transisi pada saat ini. Karena dengan konsep ini mengedepankan bagaimana agar konsumsi energi lebih baik dan lebih sedikit. [1][14]oleh karena itu untuk mencapainya perlu dilakukan program pembelajaran dan Pendidikan yang sesuai.

### 2.2 Sustainable Manufacturing

Pada mulanya konsep pembangunan yang berkelanjutan muncul sekitar tahun 1980-an, dimana sedang meningkatnya kepedulian terhadap sumber daya yang semakin menipis dan muncul masalah lingkungan yang lain seperti pemanasan global. industri manufaktur memiliki dampak yang besar bagi pertumbuhan dan perkembangan global [15]. salah satu konsep yang paling penting saat ini adalah manufaktur berkelanjutan [16].Pada tahun 2005 ,hasil KTT dunia PBB menyoroti tiga pendekatan untuk pembangunan berkelanjutan ini dengan mempertimbangkan aspek ekonomi,sosial,dan lingkungan.[17] oleh karena itu pembahasan tentang manufaktur berkelanjutan mulai disorot dan diperhatikan. dengan melihat proses manufaktur yang digunakan dalam beberapa konteks industri dan sistem manufaktur, berfokus pada desain sistem produksi yang sadar akan lingkungan. sekitar. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [18] ada 4 hal yang difokuskan: model dan proses bisnis, manajemen siklus hidup aset dan produk, sumber daya dan manajemen energi dan beberapa teknologi yang yang mendukung focus hal tersebut. Saat 4 framework yang telah

terbit di karya ilmiah dari 2010 hingga 2013, termasuk karya [19][18], mengidentifikasi 4 frameworks tersebut, dan diantara keempat itu. Yang keempat adalah dampak manufaktur global yang berfokus pada kebutuhan mekanisme untuk transisi ke manufaktur berkelanjutan dan yang melebihi ruang lingkup teknik tradisional.

### 2.3 Learning & Education

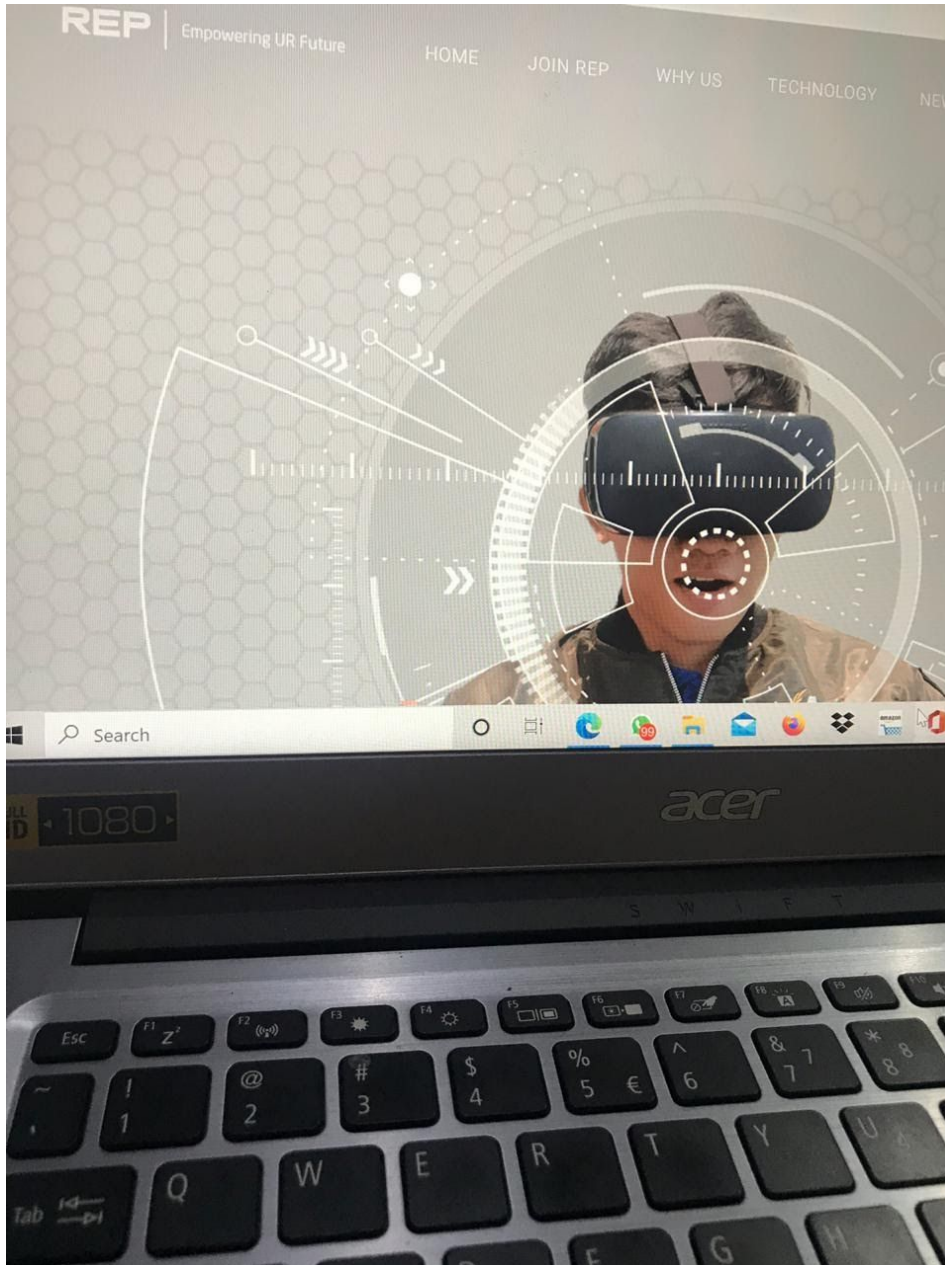
Abad ke-21 merupakan abad yang menantang, banyak sekali tuntutan keterampilan yang harus ada dan biasanya dilupakan dalam pengaturan pendidikan tradisional [20]. Sejak dulu, para peneliti telah menandai bahwa keberadaan teknologi secara umum telah menciptakan sebuah perubahan yang besar dalam masyarakat khususnya pada bagaimana siswa terlibat dalam proses pembelajaran [21]. Menurut Marc, Digital native adalah mereka yang lahir dan besar lalu berinteraksi secara langsung dengan computer, video games, smartphone, dan yang sejenisnya. Lalu digital imigran - generasi yang lebih tua dari generasi yang tadi disebutkan. dan dituntut untuk harus menguasai teknologi di tahapan selanjutnya adalah penting karena munculnya perbedaan yang mencolok lalu muncul tentang bagaimana informasi disesuaikan dan diproses, dan Ketika itu tidak diperhitungkan dengan baik, proses belajar siswa dapat terhambat. ketika sedang membahas pembelajaran yang profesional, [22] hal yang penting dari reflective nature adalah praktik dalam proses pembelajaran, yang berasal dari refleksi profesional pada suatu hal yang telah terlihat jelas dari konsekuensi mereka yang berasal dari tindakan yang diambil, yang mengarah pada pengembangan keterampilan mereka sendiri. Teori pembelajaran eksperiensial (ELT) dikemukakan oleh [23] bahwa belajar adalah "proses di mana pengetahuan diciptakan melalui transformasi pengalaman". Dalam hal ini, ada beberapa pendekatan yang bertujuan untuk mengembangkan proses pembelajaran yang lebih dapat banyak pengalaman dengan menggunakan sumber daya pendidikan yang ada [24], instrumen pembelajaran [25][26][27] game yang didalamnya berbasis pembelajaran [20][28][29]. dan gamifikasi [30][31] yang dalam penerapannya pada konteks Industri 4.0 yang menjadi focus utama pada saat ini.

### 2.4 Game-Based Learning and Gamification

Game adalah fitur intrinsik yang dapat dilihat dari banyak perspektif. Para peneliti secara alami mencoba mengembangkan dan memanfaatkan hal ini dalam berbagai konteks, terkhusus untuk pembelajaran dan pendidikan [20]. prinsip-prinsip interaksi, masalah yang muncul dengan baik dan kinerja sebelum kompetensi adalah contoh penting yang menghubungkan kembali ke teori pembelajaran sudah dibahas sebelumnya dan menunjukkan bahwa permainan dapat menjadi alat yang baik untuk pembelajaran dan pendidikan. Gamifikasi yang telah dijelaskan oleh [32] sebagai implementasi elemen desain game dalam konteks non-game. Elemen tetrad [33] menjelaskan bahwa game yang lengkap memerlukan pertimbangan dari empat hal yang fundamental (estetika, cerita, mekanik, dan teknologi). Serious game, adalah game lengkap yang digunakan untuk tidak bersenang-senang sebagai tujuan utamanya, akan tetapi tujuannya adalah untuk menyampaikan pesan kepada para pemain. Pendekatan yang menggunakan gamifikasi relative dengan dengan mudah dimanfaatkan oleh organisasi untuk mencapai manfaat yang diinginkan melalui keterlibatan secara langsung para karyawan dan konsumen umum serta mendorong mental mereka. Dalam buku mereka, [34] menyajikan hierarki elemen permainan yang merangkum dinamika utama (aspek tingkat tinggi yang harus dipertimbangkan dan dikelola), mekanik ("proses dasar yang mendorong tindakan ke depan dan menghasilkan keterlibatan pemain") dan komponen (spesifik angsuran dari mekanika dan dinamika yang dipilih) dari sistem gamified. Penulis juga mengusulkan proses desain enam langkah untuk menerapkan gamifikasi, dimulai dengan definisi tujuan bisnis, menggambarkan perilaku target, mendeskripsikan pemain / pengguna yang dituju,

## 3. METODE

Sebuah survei literatur dilakukan untuk mengeksplorasi peran gamifikasi dalam konteks pendidikan industri 4.0 dengan fokus pada aspek proses manufaktur keberlanjutan. Dengan ini memungkinkan kami untuk mencapai pemahaman yang menyeluruh akan perkembangan dan praktik terkini yang dijelaskan dalam berbagai studi. Langkah pertama dari proses tinjauan pustaka, adalah pelingkupan dan perencanaan istilah yang kami telusuri, dimana kata kunci "gamifikasi" dan "serious game" dicari dalam kombinasi dengan kata kunci "sustainable atau berkelanjutan \*", "manufaktur", "industri 4.0", "internet of things" dan "sistem fisik cyber" dalam database karya ilmiah yang kita cari di Web of Science® dan Scopus®, keduanya diakui oleh penyedia layanan tempat penelitian berkualitas tinggi. Kemudian, penyaringan awal dilakukan untuk (i) hasil jurnal yang tidak sesuai dengan topik pembahasan dan (ii) memfilter duplikasi paper. Makalah dipilih jika mereka mempresentasikan pengembangan, pekerjaan atau evaluasi sistem gamified di bidang industri 4.0 atau menangani masalah keberlanjutan dan manufaktur berkelanjutan. Demikian ringkasan pemetaan karakteristik elemen gamifikasi di makalah.



#### **4. GAMIFICATION ELEMENTS IDENTIFIED**

Topik utama dari makalah yang dianalisis terkait dengan industri 4.0, keberlanjutan dan manufaktur. Dalam topik yang mencakup aplikasi dan sistem yang ada digamifikasi, topik mengenai manufaktur berkelanjutan dan industri 4.0 merupakan topik yang paling sedikit dibahas dalam gamifikasi, dengan total 29% , dengan topik utama tentang keberlanjutan dan pelatihan / pendidikan manufaktur (terhitung 71 %). Konsep industri 4.0 relatif baru, mungkin menjadi salah satu alasan kurangnya pendekatan gamifikasi ke arahnya, sehingga menghadirkan potensi besar untuk pengembangan aplikasi gamified. Di sisi lain, konsep yang lebih dikenal dan mapan seperti konsep sustainable sering dalam aplikasi seperti itu, yang mungkin menunjukkan bahwa ketika konsep industri 4.0 mengkonsolidasikan dirinya, pendekatan gamifikasi untuk menangani beberapa aspeknya kemungkinan akan mengikuti. Melalui pemetaan yang dilakukan, dimungkinkan untuk memilih elemen gamifikasi yang paling sering digunakan dalam aplikasi gamifikasi yang dilaporkan dalam literatur yang dianalisis. Temuan itu untuk menerapkan elemen gamification yang berkaitan dengan emosi (36%), kendala (20%) dan hubungan (18%) di bidang dinamika gamifikasi. Dari segi mekanik, ada banyak penggunaan tantangan

(26%), umpan balik (26%) dan hadiah (13%) yang diimplementasikan menggunakan komponen gamifikasi seperti penghargaan, quest dan poin.

### *Conceptual Framework Proposition*

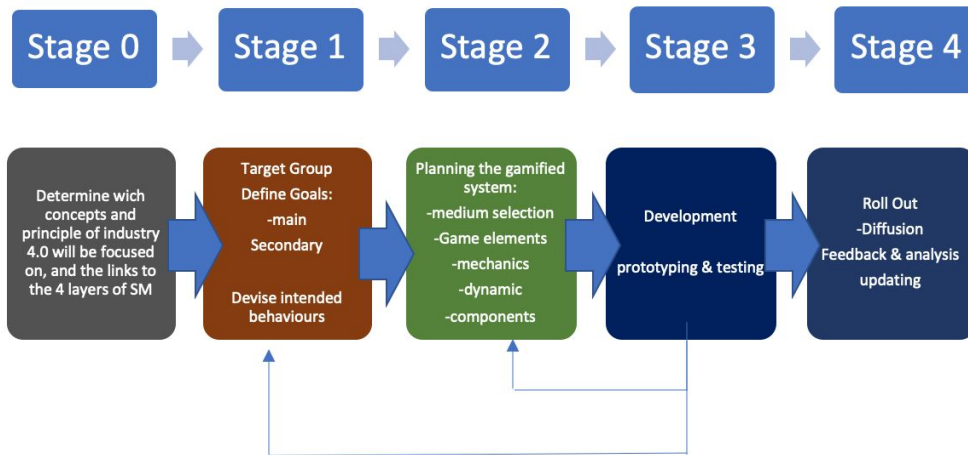
Implementasi gamified yang relatif kecil terkait dengan topik manufaktur dan industri yang berkelanjutan

4.0 tidak adanya metodologi yang mendukung hantuk pengembangan aplikasi ini. Untuk berkontribusi secara langsung terhadap pengembangan kerangka untuk implementasi gamified di bidang industri

4.0 sebagai pendukung manufaktur berkelanjutan, kami telah membuat proses desain yang terdiri dari enam langkah dari sistem gamified dan mengusulkan framework yang konseptual dan terdiri dari lima tahap. framework ini memiliki fokus pada manufaktur berkelanjutan, bekerja dengan dasar bahwa ini adalah salah satu konsep yang paling mendasar dari pengembangan industri 4.0.

framework ini dimulai pada Tahap 0, langkah paling dasar, yang dikembangkan oleh tim pengembangan di mana konsep dan prinsip dari Industri 4.0 akan menjadi fokus sistem gamified dan bagaimana kaitannya dengan empat lapisan manufaktur berkelanjutan akan dikontekstualisasikan. Tahap 1 dimulai dengan menentukan kelompok yang ditargetkan, diikuti dengan definisi tujuan utama dan tujuan yang kedua dari aplikasi gamified, yang erat kaitannya dengan merancang hasil yang diinginkan. Tahap berikut merinci perencanaan sistem gamifikasi, menentukan media apa dan di mana ia akan diproduksi lalu didistribusikan dan elemen gamifikasi dalam bentuk dinamika, mekanik, dan komponen

Pada tahap 3 proses pengembangan yang terus menerus berulang dan interaktif, pembuatan prototipe dan pengujian, merealisasikan ide dan konsep yang sejauh ini direncanakan; diharapkan bahwa pengembangan dalam tahap ini membawa tim pengembangan kembali ke tahap 1 dan / atau 2 untuk mendefinisikan kembali / mendesain ulang beberapa karakteristik yang direncanakan ke sistem agar lebih cocok dengan tuntutan yang ada. Setelah pengembangan selesai dan versi final diproduksi, peluncuran dan difusi sistem gamified yang diharapkan, bersama dengan umpan balik para pengguna yang dekat dan pembaruan yang terus menerus dilakukan.



## 5. KESIMPULAN

Sebuah Paradigma organisasi industri baru dengan berfokus pada efisiensi sumber daya dan peningkatan “tanggung jawab sosial perusahaan”, seperti Industri 4.0, muncul sebagai suatu hal yang baru dalam mencapai manufaktur berkelanjutan, dimana itu merupakan salah satu aspek kunci untuk mencapai pembangunan berkelanjutan di era kontemporer. Pengajaran dan pendidikan tentang Industri 4.0 dan manufaktur berkelanjutan telah menjadi sangat penting. Sebuah survei literatur yang membahas bahwa gamifikasi dan aplikasi gamified telah digunakan untuk mencapai motivasi yang lebih tinggi dan keterlibatan secara langsung kepada peserta dalam pengalaman belajar dalam berbagai topik. Studi ini meninjau secara langsung penggunaan sistem / aplikasi gamified dan pemetaan dinamika gamifikasi, Mekanika dan komponen yang digunakan membantu dalam memahami elemen gamifikasi dan mempertimbangkannya dalam pengembangan di masa mendatang. Sistem gamifikasi di aspek industri 4.0 dan manufaktur berkelanjutan menghadirkan potensi yang sangat besar sebagai bidang untuk pengembangan aplikasi gamified. Untuk berkontribusi terhadap pengembangan aplikasi gamified yang menargetkan topik-topik ini, kerangka konseptual diajukan. Dalam tahapannya, aspek fundamental dari pengembangan aplikasi gamified diperoleh. Kerangka konseptual ini dimaksudkan sebagai pedoman pertama

bagi para praktisi dan peneliti yang ingin mengeksplorasi potensi gamifikasi dalam konteks pelatihan dan pendidikan manufaktur dan industri 4.0 yang berkelanjutan. Pengembangan lebih lanjut dari kerangka kerja diperlukan untuk memberikan gambaran umum yang lebih rinci tentang proses desain aplikasi gamified. Penggunaan kerangka konseptual ini dalam pengembangan aplikasi yang di-gamifikasi juga merupakan langkah penting untuk menilai validitasnya dan, dalam prosesnya, menyebarkan lebih lanjut prinsip-prinsip manufaktur yang berkelanjutan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld, dan M. Hoffmann, "Industry 4.0," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 4, hal. 239–242, 2014.
- [2] C. Dib, "Faure S, Fizames C, Samson D, Drouot N, Vignal A, Millasseau P, Marc S, Hazan J, Seboun E, Lathrop M, Gyapay G, Morisette J, Weissenbach J," *A Compr. Genet. map Hum. genome based*, vol. 5, hal. 152–154.
- [3] P. Buckley dan E. Doyle, "Individualising gamification: An investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market," *Comput. Educ.*, vol. 106, hal. 43–55, 2017.
- [4] G. Ghufron, "Revolusi Industri 4.0: Tantangan, Peluang, Dan Solusi Bagi Dunia Pendidikan," *Semin. Nas. dan Disk. Panel Multidisiplin Has. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. 2018*, vol. 1, no. 1, hal. 332–337, 2018.
- [5] S. Reflianto, "Pendidikan dan tantangan pembelajaran berbasis teknologi informasi di era revolusi industri 4.0," *J. Ilm. Teknol. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, hal. 1–13, 2019.
- [6] J. Qin, Y. Liu, dan R. Grosvenor, "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond," *Procedia CIRP*, vol. 52, hal. 173–178, 2016.
- [7] B. X. Wang, L. P. Zhou, dan X. F. Peng, "Int. J. Heat Mass Transfer," 2003.
- [8] L. Rohida, "Pengaruh Era Revolusi Industri 4.0 terhadap Kompetensi Sumber Daya Manusia," *J. Manaj. dan Bisnis Indones.*, vol. 6, no. 1, hal. 114–136, 2018.
- [9] B. Prasetyo dan U. Trisyanti, "Revolusi Industri 4.0 Dan Tantangan Perubahan Sosial," no. 5, hal. 22–27, 2018.
- [10] R. Tjandrawinata, "Industri 4.0: revolusi industri abad ini dan pengaruhnya pada bidang kesehatan dan bioteknologi," no. April, 2016.
- [11] V. E. Satya, "Kajian Singkat Terhadap Isu Aktual Dan Strategis Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0," *Pus. Penelit. Badan Keahlian DPR RI*, vol. X, no. 09, hal. 19, 2018.
- [12] H. Ibda dan E. Rahmadi, "Penguatan Literasi Baru pada Guru Madrasah Ibtidaiyah dalam Menjawab Tantangan Era Revolusi Industri 4.0," *JRTIE J. Res. Thought Islam. Educ.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–21, 2018.
- [13] M. Meško, J. Suklan, dan V. Roblek, "The impact of the Internet of Things to value added in knowledge-intensive organizations," *Knowl. Manag. Strateg. Appl.*, 2017.
- [14] T. Stock dan G. Seliger, "Procedia CIRP 2016, 40, 536."
- [15] G. Z. Kautzar, I. P. Tama, dan Y. Sumantri, "Implementasi Metode Life cycle sustainability assessment Untuk Meraih Sustainable manufacturing Pada Industri Manufaktur : Kajian Literatur," *Semin. dan Konf. Nas. IDEC*, hal. B10.1-B10.8, 2019.
- [16] A. Sutanto, B. Yuliandra, dan W. Pratama, "Manufaktur Yang Berkelanjutan Pada Sampah Elektronik (E-Waste) Di Kota Padang: Tinjauan Kasus Sampah Kulkas," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 16, no. 1, hal. 25, 2017.
- [17] A. J. Bellamy, "Whither the responsibility to protect? Humanitarian intervention and the 2005 World Summit," *Ethics Int. Aff.*, vol. 20, no. 2, hal. 143–169, 2006.
- [18] M. Garetti dan M. Taisch, "Sustainable manufacturing: trends and research challenges," *Prod. Plan. Control*, vol. 23, no. 2–3, hal. 83–104, Feb 2012.
- [19] A. D. Jayal, F. Badurdeen, O. W. Dillon, dan I. S. Jawahir, "Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 3, hal. 144–152, 2010.
- [20] M. Qian dan K. R. Clark, "Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research," *Comput. Human Behav.*, vol. 63, hal. 50–58, 2016.
- [21] P. Marc, "Digital Natives, Digital Immigrants Part 1," *Horiz.*, vol. 9, no. 5, hal. 1–6, Jan 2001.
- [22] D. A. Schön, "Educating the reflective practitioner. 1987," *SAN Fr. JOSSEYBASS*, 1987.
- [23] D. A. Kolb, *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- [24] I. Roeder, M. Severengiz, R. Stark, dan G. Seliger, "Open Educational Resources as a Driver for Manufacturing-related Education for Learning of Sustainable Development," *Procedia Manuf.*, vol. 8, no. October 2016, hal. 81–88, 2017.
- [25] B. C. Müller, C. Reise, B. M. Duc, dan G. Seliger, "Simulation-games for Learning Conducive Workplaces: A Case Study for Manual Assembly," *Procedia CIRP*, vol. 40, hal. 353–358, 2016.
- [26] B. C. Müller, C. Reise, dan G. Seliger, "Gamification in factory management education - A case study with Lego Mindstorms," *Procedia CIRP*, vol. 26, no. Crc 1026, hal. 121–126, 2015.
- [27] I. Roeder, W. M. Wang, dan B. Muschard, "Inducing Behavioural Change in Society Through Communication and Education in Sustainable Manufacturing BT - Sustainable Manufacturing: Challenges, Solutions and Implementation Perspectives," R. Stark, G. Seliger, dan J. Bonvoisin, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2017, hal. 255–276.
- [28] B. D. Collier dan M. J. Scott, "Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering," *Comput. Educ.*, vol. 53, no. 3, hal. 900–912, 2009.

- [29] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, dan J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, hal. 661–686, 2012.
- [30] M. D. Hanus dan J. Fox, "Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance," *Comput. Educ.*, vol. 80, hal. 152–161, 2015.
- [31] W. M. Wang, L. Wolter, K. Lindow, dan R. Stark, "Graphical visualization of sustainable manufacturing aspects for knowledge transfer to public audience," *Procedia CIRP*, vol. 26, hal. 58–63, 2015.
- [32] E. Paravizo, O. C. Chaim, D. Braatz, B. Muschard, dan H. Rozenfeld, "Exploring gamification to support manufacturing education on industry 4.0 as an enabler for innovation and sustainability," *Procedia Manuf.*, vol. 21, hal. 438–445, 2018.
- [33] J. Schell, *The Art of Game Design: A book of lenses*. CRC press, 2008.
- [34] K. Werbach dan D. Hunter, *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press, 2012.